

تنمية الموارد المائية في الوطن العربي

مهندس استشاري
محمد أحمد خليل



تنمية الموارد المائية

فى الوطن العربى

مهندس استشارى

محمد أحمد السيد خليل

رقم الإيداع: 2005/17858
الترقيم الدولي: 6-561-287-977

© حقوق النشر والطبع والتوزيع محفوظة لدار الكتب العلمية للنشر والتوزيع / 2005
لا يجوز نشر جزء من هذا الكتاب أو إعادة طبعه أو اختصاره بقصد الطباعة أو اختزان مادته العلمية أو نقله بأي طريقة سواء كانت إلكترونية أو ميكانيكية أو بالتصوير أو خلاف ذلك دون موافقة خطية من الناشر مقدماً.

دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع

50 شارع الشيخ ربحان - الدور الأول - شقة 12

عابدين - القاهرة ☎ : 7954229

WWW.sbhég.com
e-mail: sbh@link.net

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مقدمة:

أثر المياه في حياة الانسان:

الماء هو عصب الحياة فهو أساس الحياة لكل الكائنات الحية (الإنسان ، والحيوان ، والنبات) وصلى الله العظيم حيث يقول " وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ " وبدون الماء لا تستمر الحياة ولهذا فإن القاعدة منذ بدء الخليقة أنه أينما يعيش الإنسان يوجد مصدر للمياه ، الماء هو أهم الموارد الطبيعية على كوكب الأرض فكمياته ثابتة وإن تغيرت بين العذب والمالح والسطحية والجوفية. تمثل المسطحات المائية 80 % من سطح الكرة الأرضية والتي تقدر بالميل المكعب . ففي البحار والمحيطات 317 مليون ميل مكعب والثلوج الجليدية 7.3 مليون ميل مكعب ، البحيرات المالحة 25 ألف ميل مكعب ، الأنهار 411 ألف ميل مكعب ، مياه البحيرات العذبة 130 ألف ميل مكعب ، المياه الجوفية مليون ميل مكعب والتربة الغير مشبعة 16 ألف ميل مكعب ، بخار الماء في الجو 3.1 ألف ميل مكعب . وتمثل المياه نسبة 75% من وزن جسم الإنسان ، 80 % من وزن معظم النباتات. وفي نفس الوقت فإن المياه هي من مسببات 80 % من الأمراض في العالم كله .

المياه تسير طبقا للظروف المناخية كمياه الأمطار (والسيول) والطبوغرافية كمياه الأنهار والهيدرولوجية كالمياه الجوفية وذلك خارج الحدود السياسية والإقليمية للتقسيمات الأرضية. الماء هو السائل الوحيد الذي يوجد في الحالة السائلة والصلبة والغازية في نفس الظروف البيئية . الماء يسمى المذيب العالمي نظرا لتفوقه وقدرته على إذابة معظم المواد عن أي مذيب آخر. الماء يحد من التغيرات الحادة في حرارة الجو كما يحافظ الماء في جسم الإنسان على درجة حرارة الجسم ، يمكن للماء الاحتفاظ بالحرارة وإطلاقها عن أي سائل آخر (عدا سائل النشادر) . الهواء الجوى يحتوى على 2 % إلى 4 % بالحجم من الماء طبقا لقربه من المسطحات المائية حيث تتغير تبعا لذلك درجة الحرارة وبخار الماء في الهواء والذي هو مصدر سقوط الأمطار . بخار الماء يعكس كثيرا من الحرارة التي تنبعث من أشعة الشمس إلى الفضاء ويحتفظ بجزء آخر من الحرارة ويعيد انعكاسها على سطح الأرض مع

الاحتفاظ بجزء آخر في الجو ، وهذه الظاهرة توفر غلاف دافئ حول سطح الأرض وذلك على عكس التغير اليومي الحاد الذي يحدث على سطح القمر حيث تتأرجح درجة الحرارة ما بين 173 °م إلى 1230 °م وبخار الماء في الجو له وظائف أخرى وهي حجز الموجات القصيرة من الأشعة البنفسجية التي تنبعث من الشمس وتنتقل شبكة العين وكذلك تصيب الجلد بمرض السرطان .

بخار الماء هو الغاز الوحيد الذي يتكثف في درجة الحرارة العادية ولهذا يعتبر المصدر الوحيد لإنتاج الطاقة. عند تحول جرام واحد من البخار إلى الماء ثم إلى الثلج ينتج عنه 720 سعراً حرارياً . وعند التحول العكسي من الثلج إلى البخار يمتص 720 سعراً حرارياً ولهذا الظاهرة تحدث حالة الإتران في درجة حرارة الأرض .

السعة التخزينية الحرارية للماء كبيرة حيث يلزم 100 سعر حرارى لتحويل جرام واحد من الماء إلى درجة حرارة الغليان (100 °م) ولكن لجعل الماء في حالة غليان لإنتاج البخار يلزم 540 سعراً حرارياً وهذا يبين الطاقة التخزينية الكبيرة للبخار نظراً لاحتوائه على طاقة 5.4 ضعف طاقة الماء. الهواء المحمل ببخار الماء أخف وزناً من الهواء الجوى وذلك نظراً لأن الوزن الجزيئى للماء هو 18 وللأكسجين 32 وللنيتروجين 28 ونظراً لانخفاض درجة الحرارة كلما بعدنا عن سطح الأرض (في طبقة التروبوسفير والتي يصل سمكها حتى 12 كيلومتر من سطح الأرض) حيث الهواء المحمل ببخار الماء يصعد حتى يصل إلى درجة التجمد . والماء يتجدد طبيعياً بواسطة البحر وسقوط الأمطار. تصل أقصى كثافة للماء عند درجة حرارة 4 °م والتي هي أكبر من درجة تجمد الماء ، ولذلك فإن المسطحات المائية في المناخ البارد تكون مغطاة بطبقة من الثلج الخالية من الأملاح وأسفلها مياه مالحة . تحدث زيادة في حجم المياه عندما تتجمد ، ففي الأجواء الباردة تتأرجح درجة حرارة الجو حول درجة تجمد المياه في أوقات كثيرة بما يجعل المياه في الشقوق الصغيرة في الصخور تتجمد والقوة الناتجة عند زيادة حجم الماء بعد تجمده تعمل على زيادة الشقوق وتدمر أكثر الصخور صلابة وتفتتها .

الماء مركب أيونى له شحنة موجبة لايون الهيدروجين (H^+) وشحنة سالبة لايون الأيدروكسيد (OH^-) . الماء في الطبيعة يحتوى على نسب متفاوتة من الأملاح المذابة والتي تحدد عذوبة المياه وملوحتها . الأملاح المذابة في الماء وطبيعة تركيبه

الايونى يساعدا على نقل الشحنة الكهربائية وهذه الخاصية هي المسببة لظاهرة التآكل (الصدأ) لمعظم المعادن المعرضة للمجال الرطب حيثما يتوافر الهواء الجوى أو الأكسجين المذاب فى الماء. الماء هو المصدر الرئيسى لإنتاج الطاقة النظيفة والاقتصادية ولذلك فقد استغلت مساقط المياه الطبيعية كما أنشئت المساقط الصناعية كالسدود لإنتاج الطاقة الكهربائية . تكلفة إنتاج الطاقة من سقوط المياه تعادل نصف تكلفتها باستخدام الوقود الحفري (الفحم أو الغاز أو زيت البترول) كما تعادل ثلث تكلفة الطاقة من المحطات النووية كذلك فإنه يستفاد من طاقة حركة الأمواج أو ارتفاع درجة الحرارة فى قاع البحار فى إنتاج الطاقة النظيفة .

المياه هي العامل الاساسى للزراعة وكذلك هي المصدر الوحيد للإرتواء بمياه الشرب للإنسان والحيوان والطيور . المياه وسيلة جيدة واقتصادية للنقل ، المياه تستخدم فى العمليات الصناعية المختلفة سواء لدخولها فى مكونات المنتج النهائي أو للإذابة أو لإتمام التفاعلات أو النظافة أو الإطفاء . كما تشمل الاستخدامات الأخرى للمياه عملية التسخين والتبريد . المياه فى المجارى السطحية تكون عذبة وملوحتها ما بين 200 إلى 1000 جزء فى المليون وهى الصالحة للشرب وللزراعة . مياه البحار والمحيطات تتراوح ملوحتها ما بين 2000 إلى 50000 جزء فى المليون ، مياه البحيرات إما أن تكون عذبة أو مالحة أو خمضاء (Brakish) وهذه ذات ملوحة من 2000 إلى 10000 جزء فى المليون .

المياه الجوفية إما أن تكون عذبة أو خمضاء أو مالحة فالخزانات الجوفية المالحة تكون قريبة من شواطئ البحار وتندرج فى الانخفاض فى التربة الحاملة للمياه تحت منسوب سطح البحر كلما بعدت عن الشاطئ ، وقد تصل المياه الجوفية المالحة إلى مسافات بعيدة جداً طبقاً لنفاذية التربة ومعدل الانتقال للمياه وخاصة إذا كانت تعلوها طبقة صماء غير منفذة تحدد مسار الخزان الجوفي للماء وفى حالة عدم جود هذه الطبقة الصماء فقد تصل المياه الجوفية حتى مسافة 30 كيلومتر من شاطئ البحر . وكذلك بالنسبة للمياه الجوفية العذبة فى الخزانات الجوفية الساحلية ، فالقاعدة أن المياه الجوفية العذبة تعلو المياه المالحة الأكثر كثافة ويتدرج سمك الطبقة المالحة العذبة فى الانقصاص كلما قربنا من شاطئ البحر وبالتالي حيث يتدرج زيادة سمك الطبقة المالحة.

ملوحة المياه الجوفية قد لا تكون بسبب دخول مياه البحر فى الخزان الجوفي الساحلي، حيث تكون المياه مالحة بدرجات متفاوتة فى حالة وجودها فى التربة

المحتوية على الملح الصخري (كلوريد الصوديوم) والذي يذوب في المياه الجوفية العذبة ويحولها إلى مياه مالحة أو خضماء . وفي بعض أنواع التربة الحاملة توجد أملاح الحديد والمنجنيز المذابة في المياه الجوفية وكذلك أملاح الكالسيوم والمغنسيوم ويرجع ذلك إلى تحلل المواد العضوية والغروية والكائنات الحية الدقيقة والملوثات العضوية عموماً التي تحملها المياه السطحية أثناء تسربها إلى جوف الأرض لتغذية الخزان الجوفي ونتيجة التحلل الأهوائي لتلك المواد العضوية فإنه يتم إنتاج مواد كيميائية بسيطة منها ثاني أكسيد الكربون الذي يذوب في الماء مكوناً حامض الكربونيك وهنا الحامض يمكنه إذابة أملاح الحديد والمنجنيز والكالسيوم والمغنسيوم والتي تكون في شكل مركب الكربونات الغير مذاب وتحولها إلى مركب البيكربونات المذاب في الماء وذلك طبقاً لمكونات التربة الحاملة للمياه الجوفية . وكذلك عند تحلل بعض أنواع النباتات المقترية من سطح الأرض إلى الخزان الجوفي حيث تكون نواتج التحلل أحماض الفوليك والهيوميك وهذه الأحماض تطفو على سطح المياه التي يتم ضخها من الخزانات الجوفية مكونة سطح لامع عاكس للضوء كالمראה وهي يمكن إزالتها بالروبوت في محطات المعالجة بالمرشحات وخطورتها تكمن في إنها تتفاعل مع الكلور الذي يستخدم في التطهير مكونة مركب التري هالوميثان (المحتمل أن يكون مسرطناً) . وقد تتخلص المياه السطحية أثناء تسربها إلى الخزان الجوفي من بعض العناصر الثقيلة المذابة المسببة للأمراض المزمنة وتمتدبها بعناصر أخرى من أملاح التربة الغير ضارة وذلك بطريقة التبادل الأيوني .

الماء هو المسائل البيولوجي الأول فهو يسهل تفاعلات تحول الطعام إلى طاقة وخلايا جديدة وهو كذلك وسيلة لنقل الملوثات من وإلى جسم الإنسان وهو المجال الذي يعمل على تبريد الجسم من خلال الشهيق والزفير والعرق. والماء هو الذي يقوم بدور كبير في عملية التمثيل الضوئي حيث يتحد الماء مع ثاني أكسيد الكربون باستخدام طاقة الشمس مكونة المادة الكربوهيدراتية في النباتات الخضراء مع إنتاج الأكسجين في نفس الوقت بما يحافظ على مستوى الأكسجين في الجو لتعويض المستهلك بواسطة الكائنات الحية ، وفي نفس الوقت خفض ثاني أكسيد الكربون الموجود في الجو بما يحد من التلوث الجوي الناتج عن انبعاثات هذا الغاز نتيجة احتراق المواد الكربونية . وعملية التمثيل الضوئي (الكلورومقلى) هذه للنباتات المائية توفر كذلك الأكسجين المذاب في المسطحات المائية لتعويض الأكسجين المستهلك في عملية التحلل

البيولوجي للمواد العضوية وهذا يسهل عملية المعالجة الذاتية للمسطحات المائية وكذلك المحافظة على حياة الكائنات المائية .

وإذا كانت المياه هي الأساس في حياة الإنسان بالإضافة إلى ما توفره كمصدر الاستمتاع والرياضة والترويح ، إلا أن المياه هي المسببة لمعظم الأمراض وذلك في حالة تلوث المياه بالكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض الوبائية أو العناصر الثقيلة المسببة للأمراض المزمنة أو بالملوثات الأخرى التي تحد من استساغة المياه للشرب أو عدم صلاحيتها للاستخدام المنزلي . هذا بالإضافة إلى أن عدم توفر المياه بالقدر المناسب لأغراض النظافة العامة يسبب إمرض العين والجلد . وإذا كان الهدف هو صحة الإنسان فإن مخاطر المياه الملوثة لا تقف عند تلوث مياه الشرب فقط حيث أن الملوثات قد تصل إلى مصادر غذائية من لحوم الحيوانات والطيور وكذلك النباتات والتي ترتوى بالمياه الملوثة . ولهذا تبرز أهمية المحافظة على سلامة البيئة المائية سواء بالنسبة للمياه السطحية أو المياه الجوفية وذلك على ضوء زيادة الملوثات نتيجة زيادة الأنشطة التنموية واستخدام المبيدات والكيماويات .

لقدیم الکتاب ومحلوه

الدافع الى تناول موضوع تنمية الموارد المائية في مصر والوطن العربي :

تقدر مساحة المنطقة العربية بحوالى 13 مليون كيلومتر مربع ، يقع معظمها داخل نطاق المناطق الجافة وشبه الجافة بغرب قارة آسيا وشمال قارة أفريقيا ، إلا أن أقل من 5.5 % من هذه المساحة صالحة للزراعة ذلك للنقص الواضح فى كمية المياه المتاحة .

ومع بداية الألفية الثالثة يقدر عدد السكان بالمنطقة العربية بحوالى 280 مليون نسمة ، كما يبلغ متوسط معدل الزيادة السكانية حوالى 3% سنوياً ، وهو الأمر الذى يمثل عبئاً نحو تحقيق أهداف التنمية الاقتصادية والاجتماعية بالمنطقة. وتواجه المنطقة العربية تحديات متعلقة بموضوع المياه نوجزها فى الآتى :

- محدودية الموارد الطبيعية المتجددة مع تزايد الطلب على الماء .
- الاعتماد على مياه الأنهار والمياه الجوفية المشتركة مع دول أخرى من خارج المنطقة العربية .
- التناقض المستمر لإمكانيات تحقيق الأمن الغذائى .
- تدهور نوعية المياه السطحية والجوفية نتيجة ضعف التحكم فى مصادر التلوث وتكثف إمكانيات معالجة المياه .
- صعوبة إتاحة مياه الشرب النقية وخدمات الصرف الصحى لمعظم السكان بما ينعكس سلباً على الصحة العامة وبالتالي القدرة الإنتاجية للفرد .
- ضعف الإلمام بتكنولوجيا معالجة وتنقية المياه من المصادر المختلفة ولمختلف الاستخدامات .
- هذا بالإضافة إلى عوامل خارجية منها تجارة الغذاء والدعم الزراعى للدول المصدرة ، تزايد مفهوم المياه الافتراضية الناتج عن استيراد المنتجات الغذائية، تزايد القلق والصراعات المحتملة حول المياه المشتركة السطحية أو الجوفية نظراً لعدم توافر الاتفاقيات المشتركة الحاكمة .

وإذا كانت المنطقة العربية قد استطاعت أن تتفاعل مع التحديات الداخلية والخارجية لما تتمتع به المياه بمكانة مترسخة في أعماق التاريخ والحضارات والأديان وعبر آلاف السنين فقد استطاعت المنطقة العربية أن تتكيف مع الأحوال المتقلبة للفيضانات والجفاف وما يتبعها من زيادة أو نقصان في كمية الموارد المائية المتاحة . إلا أنه مع نهايات القرن العشرين وبدايات القرن الحادى والعشرين بدلت تظهر مشاكل نقص وندرة المياه بطريقة واضحة فقد زاد التعداد السكانى بشكل كبير حيث زاد الاستخدام للجائر للموارد المحدودة ومع زيادة الأنشطة للتنموية والصناعية زاد التلوث للمياة السطحية والجوفية بدرجة تنذر بالخطر بما يجعل هذه المصادر غير مستدامة على المدى الطويل . ولهذا كان للدافع إلى تناول موضوع تنمية الموارد المائية في مصر و الوطن العربى . وبالإضافة إلى ندرة ومحدودية الموارد المائية في الوطن العربى ، فإن الفجوة بين الموارد والاحتياجات في بعض دول الجوار الجغرافى والطموح الإقليمى لدى البعض الآخر عبر استخدام المشتركات المائية وغيرها من العوامل التى أوجدت جملة من المشكلات والاختناقات الممتدة من الماضى مروراً بالحاضر والتى يتوقع أن تمتد إلى المستقبل .

أن الإطار العام لتنمية الموارد المائية يجب أن يتضمن الاتى :

- 1 - ترشيد الاستهلاك للموارد المتاحة من خلال .
 - أ- توجيه المواطنين من خلال الإرشادات الإعلامية .
 - ب- توفير أجهزة القياس والتحكم لمختلف الاستخدامات .
 - ج - ترشيد استخدام المياه فى الزراعة وذلك باستخدام طرق الري الحديثة .
 - د - ترشيد الاستخدام المنزلى والصناعى والزراعى.
- 2 - خفض الفاقد بالبخر أو التسرب من خلال :
 - أ - تقليل المساحة السطحية للمسطحات المائية طبقاً لتدفقات المقطع المائى المطلوب وذلك بتهديب وتدييش الأجانب للمسطحات المائية.
 - ب - الحد من الفقد والتسرب من خطوط نقل وتوزيع المياه .
 - ج - حصد مياه الأمطار والسيول .
 - د - التجهيزات الهندسية لحصد مياه العيون والمياه الجوفية الساحلية

- 3 - المحافظة على نوعية المياه الجوفية والسطحية وحمايتها من التلوث .
- 4 - المعالجات لإزالة الملوثات من مياه المصادر السطحية والجوفية ومياه الصرف الصحي والصناعي .
- 5 - إضافة موارد مائية جديدة :
 - أ - أعذاب المياه المالحة .
 - ب - استمطار السحب .
- 6 - أهمية تأهيل كوادر علمية قادرة على استيعاب موضوعات تكنولوجيا علوم المياه بتوفير منشآت علمية جماعية للتأهيل في موضوعات المياه والمواد الهندسية ، وكذلك تقنيات رصد وتقدير احتمالات الأمطار والسيول وحصدتها لتحقيق أقصى استفادة منها .
- وفي هذا الإطار حيث الهدف هو تنمية الموارد المائية في الوطن العربي فقد تم تناول هذا الموضوع في عشرة فصول تتضمنها ثلاثة أبواب رئيسية وهي .

الموضوع	الباب / الفصول
الموارد المائية في الوطن العربي	الباب الأول
الأنهار في الوطن العربي .	الفصل الأول
مياه الأمطار والسيول في الوطن العربي .	الفصل الثاني
الموارد المائية الحالية والمستقبلية لدول الوطن العربي .	الفصل الثالث
القانون الدولي ومياه الأنهار المشتركة .	ملحق الباب الأول
خفض الفقد من مياه العين ومياه الأمطار والسيول باستخدام الشحن الجوفي	الباب الثاني
حصد مياه العين .	الفصل الرابع
التغذية وإعادة شحن الخزائن الجوفية .	الفصل الخامس
حصن مياه الأمطار والسيول .	الفصل السادس
استمطار السحب (كمورد مائي مضاف)	الفصل السابع

الباب الثالث	الملوثات في الماء والمعالجات لتحسين نوعيتها وإضافة موارد مائية جديدة
الفصل الثامن	الملوثات في الماء
الفصل التاسع	معالجات المياه الجوفية لتحسين نوعيتها
الفصل العاشر	أعذاب المياه المالحة (كمورد مائي مضاف)

وبهذا يكون تم تناول الموقف المائي لكل دول الوطن العربي وطرح الرؤى لزيادة الموارد المائية من خلال تناول التقنيات الخاصة لكل من المصادر السطحية والجوفية ومياه الأمطار والسيول وإضافة موارد مائية جديدة.

والله أسأل أن يحقق به الإرادة،

المؤلف

مهندس استشاري

محمد احمد السيد خليل

الباب الاول

الموارد المائية في الوطن العربي

الفصل الاول

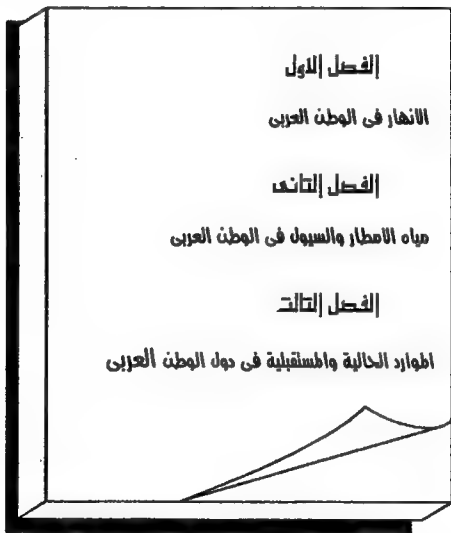
الانهار في الوطن العربي

الفصل الثاني

مياه الامطار والسيول في الوطن العربي

الفصل الثالث

الموارد الحالية والمستقبلية في دول الوطن العربي



الباب الأول

الموارد المائية في الوطن العربي

الفصل الأول

الأنهار في الوطن العربي

مقدمة :

أولاً : نهر النيل

1. حوض نهر النيل وإيراد الشهر .
2. المواقف المائي لدول حوض النيل .
3. الاتفاقيات بين مصر والسودان (خلفية تاريخية) .
4. مجال التعاون مع دول حوض النيل نحو زيادة موارد النهر .
5. دخول طرف ثالث بين مصر ودول المنبع وأثر ذلك على مصر .

ثانياً : حوض نهر الأردن

ثالثاً : حوض دجلة والفرات

رابعاً : القانون الدولي ومياه الأنهار المشتركة

الفصل الاول

الانهار في الوطن العربي

مقدمة : الأنهار في الوطن العربي:

لا يتجاوز عدد الأنهار المستديمة في الوطن العربي خمسين نهراً بما في ذلك روافد النيل ودجلة والفرات . تتمثل الأنهار الرئيسية في الوطن العربي في نهر النيل أطول الأنهار العربية وأغزرها ونهر الفرات الذي ينبع من تركيا ويدخل سوريا فالعراق ويصب في الخليج العربي كما أنه يتلقى روافده من من الدول الثلاث . ودجلة الذي ينبع من تركيا ويدخل الى العراق بعد أن يمر مسافة قصيرة في سوريا يلتقي بالفرات في العراق. ونهر العاصي الذي ينبع من لبنان ويسير في سوريا ، الحاصباني من لبنان وتتحد هذه الأنهار في الجزء الشمالي من وادي الحولة لتشكيل نهر الشريعة ويدخل الى بحيرة الحولة وبعد خروجه منها يرفده نهر اليرموك في سوريا . بينما يقع نهر الليطاني بالكامل في الأراضي اللبنانية .

كما يوجد في لبنان الى جانب أنهار الكبير والعاصي والحاصباني المشتركة بين لبنان وبلدان اخرى 12 نهراً يبلغ اجمالي إيرادها 3 مليار متر مكعب سنوياً أهمها الليطاني أطول الأنهار اللبنانية . والأنهار التي تجري بالكامل في لبنان سواء الساحلي الذي يصب في البحر المتوسط أو الدخلى الذي ينبع ويصب بالكامل داخل الأراضي اللبنانية وهي انهار اسطوان ، عرقة ، البار ، الجوز ، يراهم ، الكلب ، بيروت ، الدامور ، الزهراني ، الاولى .

وفي المملكة المغربية نهر ام الربيع ، نهر بورقراق ، نهريبو ، وفي الصومال أنهار شبيلى وجوبا وفي جيبوتي بعض روافد هضبة الحبشه .

وفي هذا الفصل سيتم عرض جغرافي هيدرولوجي لاهم هذه الانهار واكثرها تأثيرا في حياة السكان وهي انهار النيل ودجلة والفرات ونهر الاردن . ذلك مع تناول الموقف المائي لدول الجوار وللنزاعات والاتفاقات القائمة والقانون الدولي ومياة الانهار المشتركة .

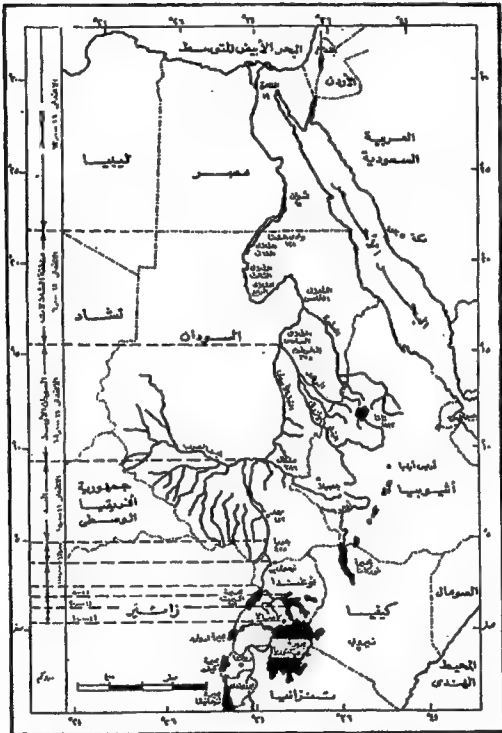
أولاً : نهر النيل

حوض نهر النيل وإيراد النهر ومتابعة الثلاث وهي مضبة الحبشة (الإثيوبية)
والمضبة الامتواثية وحوض بحر الغزل .

1- حوض نهر النيل وإيراد النهر :

يمثل نهر النيل شريان الحياة لكل عوامل الحضارة والتقدم على أرض مصر .
يبلغ طول نهر النيل حوالي 6700 كيلومتر ، وتقدر مساحة حوض النهر بحوالي 2.9
مليون كيلومتر مربع وهذه المساحة تشمل لجزء من عشرة دول أفريقية وهي اثيوبيا
وأريتريا وأوغندا وبورندي وتنزانيا ورواندا والسودان والكونغو وكينيا ومصر . وتبلغ
المساحة الكلية لهذه الدول العشر حوالي 8.7 مليون كيلومتر مربع ونظراً لهذا الاتساع
العرضي والطولي فإن نهر النيل يمر خلال رحلته للطويلة من منابعه إلى مصبه
بلغات وحضارات عديدة ، كما أنه يمر خلال عدة لقاليم مناخيه .

يختلف إيراد نهر النيل - مثل معظم أنهار العالم من عام لآخر ، فبينما يصل في
أقلها إلى 42 مليار متر مكعب / العام مقاساً عند اسوان فإنه يصل في أعلاها إلى 151
مليار متر مكعب . فقد بلغ أقصى إيراد مسجل للنيل عند اسوان نحو 151 مليار متر
مكعب عام 1878 - 1879 كما بلغ الإيراد السنوي عند اسوان نحو
107,189,111,112,114,119,119 مليار متر مكعب في اعوام
1988,1964,1917,1916,1896,1895,1894
على الترتيب وبالمقابل بلغ الإيراد نحو
60,70,57,69,66,46 مليار متر مكعب في اعوام 1913 ، 1940 ، 1983 ، 1984 ،
1986 ، 1987 على الترتيب وقد بلغ متوسط الإيراد السنوي الطبيعي لنهر النيل خلال
القرن الماضي مقدراً عند اسوان بنحو 84 مليار متر مكعب . وهذه تقسم بين مصر
والسودان طبقاً لاتفاقية 1959 حيث تأخذ مصر 55.5 مليار متر مكعب والسودان 18.5
مليار متر مكعب بعد استئزال الفقد بالبحر من بحيرة السد العالي والذي يقدر بحوالي
10 مليار متر مكعب سنوياً .



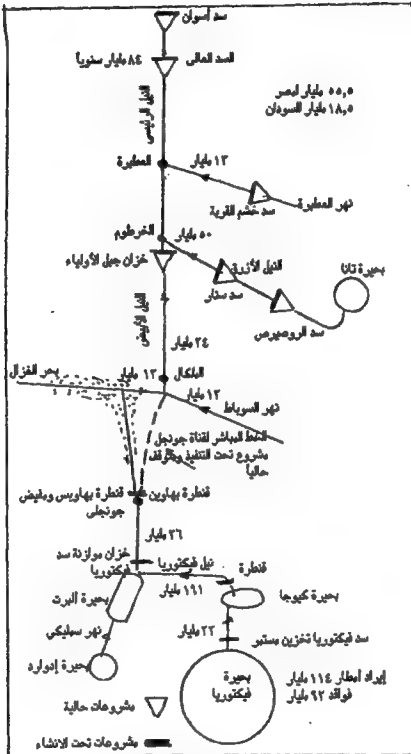
شكل (1-1) حوض النيل موضعاً ارتفاع النهر فوق سطح البحر في مواقع مختارة بغرض توضيح اختلاف درجة التحدار النهر في أجزائه المختلفة

يستجمع النيل مياهه من ثلاث أحواض رئيسية وهي الهضبة الإثيوبية ، هضبة البحيرات الاستوائية وحوض بحر الغزال .

أ - الهضبة الإثيوبية : وهي تمثل أكبر منابع النيل إيراداً حيث تمثل مواردها من الأمطار 590 مليار متر مكعب سنوياً يصل منها إلى أسوان حوالي 71 مليار متر مكعب وهذه تمثل 85% من متوسط الإيراد السنوي ، أما نسبة الفاقد فهي تصل إلى 87.9% وتتجمع مياه الهضبة الإثيوبية من عدد من الأنهار وهي نهر السواط ، النيل الأزرق الذي يعتمد مياهه من بحيرة تانا ونهر العطبره .

ب- الهضبة الاستوائية : وتتمثل إيرادات الهضبة الاستوائية لكثير المصادر لتنظماً على مدار العام ، حيث يبلغ المتوسط السنوي للمياه الواردة من الهضبة الاستوائية بنحو 13 مليار مكعب مقدره أسوان أما متوسط سقوط الأمطار فيصل إلى 527 مليار متر مكعب سنوياً ونسبة الفاقد 97.5%. ومن بين مصادر الهضبة الاستوائية مياه بحيرة فيكتوريا ، بحيرة كيوجا، بحيرة البرت وبحر الجبل والنيل الأبيض .

ج- حوض بحر الغزال : يتأخم هذا الحوض من الجنوب حدود جمهورية السودان وللكونفو ويبلغ متوسط الأمطار على هذا الحوض بنحو 0.9 مليار متر في العام ولكن يقدر معدل البخر بحوالي مترين في العام . وتقدر كمية الأمطار بنحو 544 مليار متر مكعب في العام . ويبلغ متوسط مجموع تصرفات روافد حوض بحر الغزال في السنة ما لا يقل عن 15.1 مليار متر مكعب ، تضيع كلها في مناطق المستنقعات ولا يصل منها إلى النيل الأبيض سوى نصف مليار متر مكعب في العام فقط .



شكل (2-1) متوسط صافى الأيراد السنوى للنيل

الشكل رقم (1/1) خريطة لحوض النيل ، الشكل (1/2) خريطة لمتوسط إيراد النهر .

• متوسط صافي الإيراد السنوي لنهر النيل

البيان	مليار م ³ /العام
مجموع الإيراد الخارج من نيل فيكتوريا	19
يضاف إليه إيراد بحيرة إدوارد وألبرت	7
فيكون مجموع إيراد النيل عند منجلا (بداية منطقة السودان)	26
الفاقد في منطقة السودان للنباتية	14
الخارج في بحر الجبل من نهاية منطقة السودان إيراده	12
يمده نهر السوبات بإيراد قدره	12
يخرج النيل الأبيض من الخرطوم بإيراد قدره	24
متوسط إيراد النيل الأزرق عند الخرطوم	50
فيكون إيراد النيل الأبيض بعد التقائه بالنيل الأزرق	74
متوسط إيراد رافد العظيمة	86
متوسط إيراد النيل الرئيسي عند أسوان	84

من الجدول السابق ينضخ أن $\frac{2}{7}$ من الإيراد الكلي يصل من النيل الأبيض ونحو

$\frac{4}{7}$ من الإيراد الكلي من النيل الأزرق ونحو $\frac{1}{7}$ من الإيراد الكلي من رافد العظيمة

وان الذي يصل إلى أسوان هو فقط 9% من إجمالي إمكانيات موارد النيل والتي تبلغ 1661 مليار م³ / السنة، لفاقد هو 91%

2- الموقف المائي لمول حوض النيل

يأتي الجزء الأكبر من المياه التي تصل إلى مصر في الوقت الحاضر من المرتفعات الإثيوبية وهضبة البحيرات الاستوائية اللذان يشكلان معا حوالي 20% من مساحة حوض النيل ويأتيان بحوالي 96% من مياهه . ويقع باقي حوض النيل في مناطق قاحلة أو شبه قاحلة قليلة الأمطار تتبدد فيها المياه إما بالبخر أو بالتسرب فلا

يصل منها إلى مصر إلا قليلها الذي لا يتناسب وحجم الحوض العظيم لنهر النيل الذي تقارب مساحته عشر مساحة القارة الأفريقية .

والجدول التالي يبين التقديرات التي تتسق والمعلومات المتاحة من كمية الأمطار التي تسقط في مختلف أرجاء الحوض ومقدار البخر والتسرب فيها . وبالجدول تقدير لكمية المياه المتاحة لكل دولة حوضية من الأمطار والأنهار والخزان الجوفي .

ويتضح من الجدول أن الماء المتاح لسكان دول الحوض والذي يبلغون حوالي 200 مليون نسمة (في عام 1990) هو حوالي 471 مليار متر مكعب يأتي حوالي 35% منها من الأمطار وحوالي 46% من الأنهار وحوالي 29% من الخزان الجوفي ويبين الجدول أيضا أن مقدار اعتماد مختلف دول الحوض على مياه نهر النيل يختلف من بلد لآخر فهو بالنسبة لمصر المصدر الأساسي للمياه فهو يزودها بحوالي 90% منها . أما في البلاد الأخرى فهو يزودها بنسب تتفاوت من 46% في حالة السودان إلى حوالي 18% في حالة كينيا . وبالجدول معامل جديد أدخل لبيان مقدار التنافس على الماء وهو عدد من يتنافسون على استخدام كل مليون متر مكعب متاح .

جدول (1/1)

الماء المتاح ومعامل التنافس على الماء في بعض دول حوض النيل

معامل التنافس على الماء عدد الذين يتنافسون على مليون متر مكعب	الماء المتاح (مليار متر مكعب)				عدد السكان بالمليون لعام 1990	
	جملة	جوفي	أنهار	مطر		
920	57	0.5	55.5	1.5	52.4	مصر
252	100	8	46	46	52.2	السودان
328	150	20	90	40	49.2	إثيوبيا
1090	22	4	3	15	24	كينيا
359	76	23	19	34	27.3	تنزانيا
285	66	29	6	31	18.8	لوغنده
417	471	89	219.5	167.5	196.7	الجملة

ويبين الجدول أن كينيا ومصر أفقر دول حوض النيل في مصادرهما المائية حيث يمكن تصنيفهم ضمن الدول الواقعة تحت وطأة الفقر في المياه وإن كانت ندرة الماء

فيها لا تقاس بما تعانيه الكثير من دول الشرق الأوسط حيث يرتفع معامل التنافس على الماء في الأردن إلى 5060 وفي إسرائيل إلى 2300 وفي الضفة الغربية وغزه (فلسطين) 15380 . أما باقي دول حوض النيل فالماء فيها وفير ولا يجوز أن يكون عائقاً للتقدم .

وإذا أخذنا دول حوض النيل مجتمعه فأننا نجد أن ما يخص الفرد فيها في السنة 420 متراً مكعباً ويزيد نصيب الفرد عن هذا المتوسط العام في السودان ولوغندة وتنزانيا إلى 3970 ، 3500 ، 2780 متر مكعباً كما ينخفض إلى 916 ، 1180 متر مكعباً في كل من مصر وكينيا على التوالي .

3- [الإنفاقيات بين مصر والسودان] خلفية تاريخية

أ - اتفاقية عام 1929 :

بدأ السودان في زراعة القطن في أوائل القرن العشرين ، وقد ولّقت الحكومة المصرية على أن يقوم السودان بضخ كمية المياه اللازمة لزراعة 10000 فدان بمنطقة الجزيرة في عام 1904 ولزراعة 20000 فدان في عام 1909. وفي الوقت نفسه وافقت مصر على أن يسحب السودان أي كمية من مياه النيل الأزرق في وقت الفيضان (بين 15 يوليو . أواخر فبراير من العام التالي) وقد ظلت مساحة الأرض المروية في السودان ثابتة عند حد العشرين ألف فدان لحوالي عشر سنوات ، علماً قرر السودان زيادة أراضي الجزيرة المروية إلى 300.000 فدان مره واحده وقد أزعج هذا القرار الحكومة المصرية ، فقامت بتشكيل لجنة لدراسة هذا التوسع الزراعي على موارد مصر المائية . وقد رأس اللجنة السير مردوخ ماك دونالد الذي نشر تقريراً في عام 1920 رأى فيه أن التوسع الزراعي للسودان لن يؤثر على مصر، فاحتياجات البلدين بعد هذا التوسع يمكن تكبيرها . وقد تقررت هذه الاحتياجات بحوالي 56 مليار متر مكعب منها 34 مليار متر مكعب في وقت الفيضان (يوليو - ديسمبر) 22 مليار متر مكعب وقت التخريف (يناير - يونيو) . وقدر نصيب السودان من هذه الكمية بأربعة مليار متر مكعب خلال موسم الفيضان ومليارين من الأمطار للمكعبة خلال موسم التخريف . ولما كانت هذه الكميات أكبر من سمات التخزين المتاحة في ذلك الوقت ، فقد اقترح ماك دونالد إقامة خزان سنار على النيل الأزرق لتأمين مياه مشروع الجزيرة وخزان بجبل الأولياء على النيل الأزرق لتأمين المياه الصيفية التي

تحتاجها مصر وقد اعترض الكثيرون على مشروع ماك دونالد مما دعا الحكومة المصرية الى تأجيل النظر في الموضوع كله ، فازعج ذلك الحكومة البريطانية التي انتهزت فرصة الأزمة التي أحاطت بالعلاقات المصرية البريطانية بمناسبة مقتل السردار في عام 1924 ، وألذرت الحكومة المصرية بأنها ستستخدم ما شاعت من مياه النهر لتزرع ما شاعت من الاراضى في السودان إذا لم تقم الحكومة المصرية بتشكيل لجنة دولية ثبت في مسألة نصيب كل من مصر والسودان من ماء النيل . وبالفعل قامت الحكومة المصرية بتشكيل لجنة برئاسة كانتر كرمرك (Canter Cremerc) المهندس الهولندى وعضوية عبد الحميد سليمان عن مصر وماكريجور عن بريطانيا بغرض دراسة واقتراح الأسس التي يجب اتخاذها لتنفيذ توسعات الزراعة في السودان دون الضرر بمصالح مصر أو النيل من حقوقها الطبيعية والتاريخية من ماء النيل . وقدمت اللجنة تقريراً اخذ أساساً لاتفاقية المياه التي عقدت في مايو عام 1929 وأصبح التقرير جزء لا يتجزأ من هذه الاتفاقية وقد قبلت اللجنة حق السودان في التوسع الزراعى على إلا بسبب ذلك تعديا على حقوق مصر التاريخية ، أو بما سوف تحتاجه في توسعها الزراعى في مستقبل الأيام وحددت نصبة للبلدين في الاتفاقية تبعا لاحتياجات الاراضى التي كانت تزرع في ذلك التاريخ في كلا البلدين بمقدار 48 مليار متر مكعب لمصر في العام ، 4 مليار متر مكعب للسودان .

ب - اتفاقية عام 1959 :

عند التفكير في بناء المد العالى دخلت مصر والسودان (الذى قد نال استقلاله) في مفاوضات انتهت بعقد اتفاق بين الجمهورية العربية المتحدة و جمهورية السودان للارتفاع الكامل بمياه النيل تم توقيعه في 8 فبراير عام 1959 بمقر وزارة الخارجية للجمهورية العربية المتحدة . ووفق فيه السودان على أن تقوم مصر ببناء المد العالى وأن يتم تقسيم المياه التى سيوفرها بنائه والتي قدرت بحوالى 22 مليار متر مكعب فى العام كمتوسط (بعد خصم فاقد التخزين المستمر . والمقدر بحوال 10 مليار متر مكعب فى العام كمتوسط) على أن يحصل السودان على 14.5 مليار متر مكعب ومصر 4.5 مليار متر مكعب وهذه الكميات تضاف الى كميات المياه التى كانت تستخدمها مصر والسودان وقت توقيع الاتفاق والتي اعتبرت حق مكتسب لهما . وكانت هذه الكميات قد تقررت فى اتفاقية عام 1929 وبدا أصبح نصيب مصر 55.5 مليار متر مكعب فى العام والسودان 18.5 مليار متر مكعب فى العام .

ج - وافقت مصر على أن يقوم السودان ببناء خزان الرصيرى على النيل الأزرق "أى مشروع آخر يعتبره السودان حيويًا لاستغلال حصته " وكما اتفق الطرفان على أن تبدأ السودان الاتفاق مع مصر فى دراسة مشروعات أعالى النيل للاستفادة من المياه التى تتبدد فيها على أن تقسم نفقات هذه المشاريع بين البلدين مناصفة وأن يقسم العائد من المياه بينهما مناصفة أيضا كما وافق الطرفان على إنشاء لجنة فنية مشتركة دائما تضم عددا متساويا من الخبراء عن كل طرف لتحقيق التعاون الفنى بين الحكومتين كما أعطيت لهذه اللجنة صلاحيات واسعة لمراقبة تنفيذ الاتفاق ولدراسة المشروعات المستقبلية والإشراف على تنفيذها ووضع أسس تقسيم المياه فى حالة تتابع سنوات شحيحة من الفيضان . ولعل أهم بنود الاتفاق من أوجهه السياسية هو ما جاء فى بند الأحكام العامة وهو بأن يتخذ البلدان موقفاً موحداً إذا دعت الحاجة لإجراء مفاوضات حول مياه النيل مع أى دولة أخرى خارج حدودها وإن يبحثا معاً مطالب هذه البلاد إذا طُلبت نصيباً من مياه النيل ، وأنه إذا ما أسفر البحث عن قبول أى من هذه الطلبات فإن هذا القدر محسوباً عند أسون يخصص مناصفة بينهما وتعد اللجنة الفنية المشتركة اجتماعاتها العادية فى القاهرة والخرطوم بصفة منتظمة منذ توقيع الاتفاق ، وقد توصلت اللجنة الى نتائج باهرة من أهمها الاتفاق على مشروع قناة جونجلي فى منطقة السود .

4- التعاون مع دول حوض النيل نحو زيادة موارده النهر :

هناك العديد من المشروعات التى يمكن إقامتها فى السودان الشقيق لتقليل فوائد النهر وبالتالي زيادة إيراده فى مستنقعات بحرى الجبل والزراف (وهو مشروع قناة جونجلي) ومستنقعات مشار وحوض نهر السوبات ومستنقعات حوض بحر الغزال .

تقدر الدراسات التى قامت بهما كلا من مصر والسودان أن هذه المشروعات مجتمعة يمكن أن توفر 18 مليار متر مكعب سنوياً مقاس عند أسون ، تقسم مناصفة بين مصر والسودان وقد قدرت المبالغ المطلوبة لهذه المشروعات عام 1977 بحوالى 600 مليون جنيتها مصرياً ولكن لإمكانية السير قدماً فى هذه المشروعات فإنه لابد من استقرار السودان وإنهاء مشكلة الجنوب ووجود علاقة جيدة بين دول حوض النيل.

وكانت مصر والسودان قد بدأتا فعلاً فى تنفيذ أول هذه المشروعات فمثلاً فى مشروع قناة جونجلي (المرحلة الأولى) لتقليل الفوائد من مستنقعات بحرى الجبل والزراف وزيادة إيراد النهر بحوالى 4 مليار متر مكعب مقاسه عند أسون . ولكن

توقف حفر لقناة نتيجة للحرب الأهلية في جنوب السودان وذلك بعد حفر 70% منها بطول 240 كيلومتر 50 . وتأمل مصر في تهيئة الظروف للمواتية في دول الحوض لاستكمال المرحلة الأولى لقناة جونجلي وبما يزيد من حصة مصر من مياه النيل بمقدار 2 مليار متر مكعب سنويا لتصبح 57.5 مليار .

ولكن بالرغم من أن نهاية الحرب الأهلية السودانية بعد سلسلة الاتفاقات الخاصة بتقاسم السلطة والثروة قد فتحت الباب نظرياً أمام تنفيذ مشروعات تطوير الإيرادات المائية لنهر النيل والذي يعتبر جنوب السودان هو المصدر الاساسي لها . ونظراً لأن السودان ليس مصدر للمياه التي تحصل عليها مصر بل هو معبر للمياه التي تتدفق إلى مصر من خلال نهر النيل والتي مصدرها هو الهضبتين الاستوائية والإثيوبية أساساً بل السودان نفسه يحصل على حصة من المياه القادمة من الهضبتين المذكورتين وبالتالي فإن السودان في موقع مشابه للذي تحتله مصر في العلاقة مع باقي دول حوض النيل ، وهذا المعبر في حالة وحدة الدولة السودانية أمن بفعل الاتفاقات الموقعة في السابق مع دولة قائمه ومستمرة بفعل الجوار الجغرافي المباشر والمصالح المائية المشتركة وحتى في حالة الانقسام لا قدر الله فإن جنوب السودان الذي يعد هو الآخر معبراً للمياه إلى شمال السودان وإلى مصر والذي يعاني من تخمة مائية سواء من المياه المتدفقة إليه من أوغندا أو إثيوبيا أو من مياه الأمطار التي تسقط عليه مباشرة لمدة تزيد على ستة أشهر في العام ليس أمامه برنامج لتوظيف موارده المائية سوى الاتفاق مع مصر ومع شمال السودان لإقامة مشروعات مائية وزراعية وصناعية مشتركة . علماً بأن المشروعات الأساسية لتطوير الإيرادات المائية لنهر النيل من خلال إنقاذ ما يتبدد في مناطق المستنقعات هي مشروعات موقعها جنوب السودان في مستنقعات بحر الجبل وبحر الغزال ومستنقعات مشار وحتى في حالة توصل مصر لاتفاق مع دول المجرى الأعلى للنيل لإقامة مشروعات مائية لزيادة الإيرادات المائية لنهر النيل فإن هذه المشروعات لا بد أن يستتبعها عقد اتفاق مع السودان بجنوبه وشماله كمجرى لوسط لنهر النيل .

5- دخول طرف ثالث بين مصر وبعض دول المنبع وإثر ذلك على مصر

وقد حدث خلال سنتين الحرب الباردة والتي امتدت حتى آخر ثمانيات القرن العشرين إن دخلت أطراف ثالثة في معادلة توزيع مياه النيل حسب ما كانت قواعد هذه

المسنوات تسمح به فعلى طول سنواتها كان خصمى الحرب الباردة يستخدمان ورقة مياه النيل لتحقيق هدف أبعاد نفوذ الطرف الآخر عن دول الحوض بما جعل الحفاظ على الوضع القائم ممكناً . وفى خلال تلك السنوات استطاعت مصر أن تستفيد من التنافس بين الدولتين الأعظم وأن تبني السد العالى بمساعدة الاتحاد السوفيتى السابق الذى قبل أن يمد يد العون لبنائه بعدما رفضت الولايات المتحدة وحلفائها ذلك - وردت الولايات المتحدة على هذه الضريرة بإرسال البعثات إلى إثيوبيا فى ستينات القرن العشرين لدراسة إمكان بناء السدود على منابع النهر بغرض توصيل رسالة إلى مصر بأن الأضرار بها سهل وأن حياتها مرهونة بمن يحكمون منابع النيل - وعندما انقلب الحال وأصبحت إثيوبيا حليفا للاتحاد السوفيتى فى سبعينات القرن العشرين قام الاتحاد السوفيتى بتوصيل رسالة إلى مصر التى كانت تتقارب مع الولايات المتحدة فى هذه الأثناء عن طريق التلويح ببناء السدود على النهر وهو الأمر الذى ردت عليه مصر على لسان رئيسها السادات بأنها ستقوم بهدم أى سد تقيمه إثيوبيا على النهر أن هى أكملت على ذلك - وكان هذا التهديد هو الذى أعطى لمقوله أن حروب المستقبل ستكون بسبب المياه شهرة واستخدامهما واسعاً حتى بعد انتهاء الحرب الباردة على الرغم من أن هذه المقولة هى من مخلفاتها ولتى ما كان من الممكن أن تؤخذ باي جديده إلا فى ظروفها وبمساعدة طرف من أطرافها . وفى خلال السنوات الأولى من تسعينات القرن العشرين استخدم السودان نفس الورقة للضغط على مصر عندما سادت علاقاته معها وقام بتوزيع إعلان الصداقة والسلام مع إثيوبيا واشترك معها فى تأسيس منظمة حوض النيل الأزرق بهدف الاستفادة من مياه هذا النهر دون اعتبار لمصر التى تدع للانضمام إليها - وقد تغير الحال وتجمدت أعمال هذه المنظمة فى آخر سنوات تسعينات القرن العشرين عندما تحسنت العلاقات المصرية السودانية وعادت الأمور إلى ما كانت عليه طول التاريخ الحديث وخاصة بعد توقيع اتفاقية عام 1959 عندما ارتبط الأمن المائى لكل من مصر والسودان طبقاً لهذه الاتفاقية مع التمسك بها وحسن تنفيذها ، حيث عمل البلدان على إنجاز عمل للجنة الفنية المشتركة وأبعادها عن أى خلافات سياسية . وفى هذا المجال لابد أن نذكر أن فى السودان جناح يعتقد أن اتفاقية 1959 فيها ظلم كبير للسودان لأنها لا تعطيه ما يعتقد هذا الجناح إنها مستحقه من المياه التى تديرها إمكانياته الزراعية وقدرته الاستيعابية الكبيرة لاستخدام المياه - وهذا الجناح تحركه دوافع سياسية ، فليس فى السودان أزمة مياه أو نقص فى

مصادرها بيدر هذا الموقف . وطول سنين الحرب الباردة ولسنوات طويلة بعد انتهائها كانت السياسة المائية المصرية تهدف إلى الاحتفاظ بالوضع القائم والعمل على منع بناء السدود على منابع النهر أو القيام بأي عمل يمكن أن يعيق وصول المياه إليها . ولم تكن دول أعلا الحوض راضيه عن هذا الوضع (القائم) فقد كانت تعتقد انه في صالح مصر ، لأنه يعطيها نصيبا كبيرا من المياه والتي تتبع منها ولتي كانت مصر والسودان قد اقساما دون استشارة دول أعلا الحوض في سنة 1959. وكانت مصر حتى وقت قريب تواجه هذه للشكاوى في اتجاهين.

الاتجاه الأول :

هو بتبرير حصولها على حصتها الكبيرة من المياه بسبب أن النيل هو مصدرها الوحيد وانه إذا أريد إعادة فتح ملف توزيع المياه فينبغى اعتبار جميع مصادر المياه المتاحة لكل دولة ومن المعروف أن السودان وإثيوبيا لهم مصادر كثيرة للمياه بل وانهار أخرى غير النيل بعضها يصب في البحر الأحمر وبعضها يصب في المحيط الهندي والكثير من هذه الأنهار غير مستغل وربما كان للنظر في تنمية أحواضها أعظم فائدة وأقل تكلفه فسهول للكثير منها وخاصة التي تصب في المحيط الهندي أكثر انبساطا بما يجعل ضبط مياهها سهلا مقارنة بروافد النيل التي تتبع من المرتفعات الإثيوبية وتمر في خوافق عميقة ذات انحدار كبير وحامله للكثير من الرواسب .

أما الاتجاه الثاني : التي كانت مصر تسلكه من أجل الاحتفاظ بالوضع القائم فقد كان في احتواء أى تجمع لدول الحوض وتبنيه وأبعاده عن تدخل أى طرف ثالث وأخذ زمام المبادرة فيه على أمل أن تحويه أو أن تجعله متوائما مع الوضع القائم . وكانت مصر تأخذ المبادرة للاشتراك في كل لجنة أو نشاط مشترك لدول الحوض ولعبت دورا مهما في تشجيع دول المنبع للقيام بدراسة هيدروميترولوجية للبحيرات الاستوائية عندما ارتفع منسوبها ارتفاعا مفاجئا في اوائل ستينات القرن العشرين - وقد تمخضت جهودها عند مشروع الهيدروميث الذي موله البرنامج الإنمائى للولايات المتحدة ونفذته منظمة الأرصاء الجوية وكانت مصر عضوا فيه وشجعت باقى دول الحوض على المشاركة فيه .

كما عملت من خلال منظمة الوحدة الأفريقية في مؤتمر القمة الذى عقد في لاجوس بنيجيريا في عام 1980 على تشجيع تجمعات اقتصادية أفريقية إقليمية لبناء

تجمع في حوض النيل ، حيث دعت وزارة الخارجية دولة لاجتماع عقد في الخرطوم في عام 1983 حضرته مصر والسودان ولوغندا وزئير وجمهورية أفريقيا الوسطى وتمخض الاجتماع عن ميلاد وتجمع غير رسمي مسمى (الاندوجو) وهي كلمة سواحلية تعنى الأخوة - وقد انضمت الى التجمع بعد ذلك كلا من رواندا وبورندي وتنزانيا - إلا أن هذا التجمع لم يحظ بالنجاح نظراً لغياب إثيوبيا ، أحد أهم دول المنبع - وللحق كانت ظروف الحرب الباردة غير مواتية لقيام أى تجمع فعال مما سهل مهمة الحفاظ على الوضع القائم وأبعاد أى طرف ثالث من الدخول لتغييره ، حيث أعاقت ظروف الحرب الباردة إقدام رأس المال العالمي ومؤسسات التمويل الدولية عن الاستثمار في أى مشروع لتنمية حوض النهر .

وتغير الحال بعد انتهاء الحرب الباردة وبدأ دخول مؤسسات التمويل الدولية كطرف ثالث بفرض إقامة نظام جديد يحل محل الوضع القائم فيها حيث بدأ الدخول المنظم لهذه المؤسسات في عام 1992 وعندما اجتمع وزراء الموارد المائية الست من دول الحوض (مصر - السودان - الكونغو - رواندا - تنزانيا - لوغندا) وبحضور مندوبين من دول للحوض الأخرى تحت رعاية هذه المؤسسات وقرروا إنشاء لجنة للتعاون الفني (تكونيل) تقدمت بورقة عمل في عام 1995 مولها البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة تقترح نظام لإدارة مياه النيل لصالح دولة . وعرضت هذه الورقة على مجلس وزراء الموارد المائية لدول الحوض والذي وافق عليها وقرر التقدم إلى البنك الدولي للمساهمة في تمويل ما جاء بها من توصيات ووافق البنك على ذلك بعد أن يقوم بدراستها وتمت الدراسة بالفعل بواسطة لجنة شكلها خبراء دولتين اقترحت بعض التعديلات التي عرضت على مجلس وزراء الموارد المائية لدول الحوض فوافق عليها في اجتماع عقد بمدينة أروشا بتنزانيا في مارس 1998 . وتمثل هذه الورقة الأساس الذي بنيت عليه مبادرة حوض النيل الذي أعلن مجلس وزراء الموارد المائية عن قيامها في اجتماع عقد في مدينة أروشا في فبراير 1999 - حيث تهدف هذه المبادرة إلى التنمية الشاملة لحوض نهر النيل وبناء نظام جديد يعيد تنظيم اقتصاد دولة ويعظم الاستفادة من ثروتها الطبيعية وتعال مبادرة حوض النيل المساندة للكاملة من مؤسسات التمويل الدولية وفي مقدمتها البنك الدولي والوكالة الكندية للتنمية الدولية والبرنامج الإغاثي للأمم المتحدة والتي تعهدت بتمويل مرحلتها الأولى في اجتماع عقد بمدينة جنيف في شهر يونيو عام 2001. وتسعى هذه المرحلة إلى بناء رؤية مشتركة

(Shared vision) بين دول الحوض قدرت تكاليف وضع برنامجها بحوالي 211 مليون دولار ومدة تنفيذها بين 3-6 سنوات وتحتوى الرؤية على خمس برامج أساسية تتعلق بالعمل البيئي عبر الحدود والتجارة الإقليمية للكهرباء بين دول الحوض والاستخدام الأمثل للمياه فى الزراعة وتخطيط وإدارة مصادر المياه وبرنامجين مساعدين يتعلقان ببناء الثقة وتوطيد الاتصال بين دول الحوض ومد جسور التعاون بينهما من أجل تحقيق التكامل الاقتصادي الاجتماعى .

كما تحتوى المبادرة فى نفس الوقت على برنامجين فرعيين أولهما يخص دول شرق النيل (مصر - السودان - إثيوبيا) وثانيهما يخص الدول البحرية (بوروندى - الكونغو - كينيا - رواندا - تنزانيا - لوزنדה) بالإضافة الى مصر والسودان وحددت دول شرق النيل خمس برامج للدراسة هى الإدارة المتكاملة لمصادر المياه - ضبط الفيضان - توليد الكهرباء وتوزيعها - الري والصرف - إدارة بعض أحواض التصريف . أما الدول البحرية فقد حددت 12 مشروعاً مشتركاً بعضها جاهز للتنفيذ على الفور تتعلق بالتنمية الزراعية والسكنية وإدارة مصادر المياه ومكافحة ورد النيل (الذى علا منطقة السد ومناطق كثيرة بحوض السوبات والغزال) وتوليد الكهرباء وتوزيعها وقد تكون من أجل تمويل تنفيذ هذا البرنامج جهاز دولى يسمى " الكونزوريتوم الدولى للتعاون من أجل النيل" (ICCON) الذى عقد أول اجتماع له فى جنيف فى شهر يونيو 2001 بفرض اعتماد برنامج الرؤية المشتركة كما سبق توضيحه .

ويحمل برنامج الرؤية المشتركة كما جاءت فى مبادرة حوض النيل من العواقب ما يمكن أن يعيد تشكيل نهر النيل وبغير تشكيل نهر النيل وبغير اقتصاد دول تغييراً جذرياً وشاملاً ويصعب للتبوء لهذه التغييرات فلا زالت التفاصيل الكاملة للمشروع التى ستأتى بها هذه الرؤية غير معروفة على وجه التحديد كما أنها لم تتبلور بعد ومحاطة بالكتمان - ولو حدث تنفيذ لآى من المشروعات التى يتناولها خبراء الكونزوريتوم أو ما يصرح به المسئولون فى دول الحوض وخاصة ما تعلق منها ببرنامج تخطيط وإدارة مصادر المياه وتنظيم اتجاهها عند خطوط تقسيمها ستكون أمام تغيير كامل فى شكل نهر النيل كما نعرفه اليوم فإذا تحقق على سبيل المثال بناء سد كبير للاستخدام المستديم للمياه على النيل الأزرق فى إثيوبيا فأن عملية التخزين القرنى لدول أنقى الحوض (مصر - السودان) مستنقل من مصر إلى إثيوبيا مما سيكون نزيراً

بنهاية دور السد العالى كخزان للمياه أو كمصدر لتوليد للكهرباء بما يحمله ذلك من تغيرات شاملة على ارض مصر وتوجهات اقتصادها وإذا أتيح لإثيوبيا أن يكون لها نصيب من مياه الروافد التى تتبع منها كما تشير كل برامج المبادرة فإن ذلك سيكون على حساب حصة مصر والسودان وأغلب الظن أن خفض حصة مصر من المياه سيكون على حساب الزراعة فيها ولتى سيتراجع دورها.

وعند مراجعة استخدامات الأرض والمياه فى إثيوبيا سنرى أن هناك مشروعات كثيرة ومتداولة منذ زمن بعيد تهدف إلى حجز المياه التابعة من روافدها - ويبدو أن هذه المشروعات سترى النور فى الظروف الجديدة التى جاءت بها مبادرة حوض النيل - وقد توصل أحد خبراء الكونزورتيوم الدولى فى دراسة نشرت منذ سنوات بأن بناء السد العالى على النيل الأزرق ليس ضاراً بل على العكس من ذلك سيكون فى صالح جميع دول الحوض فتتظم هذه السدود سريان مياه النيل الأزرق بانتظام على مدار السنة بدلاً من النمط الحالى الذى يأتى بمعظمها فى يوم واحد . ويتأرجح تصرف النهر فى الوقت الحالى حول المليار متر مكعب فى شهر أغسطس ثم يعود إلى الهبوط تدريجياً إلى أقل من 2 مليار متر مكعب فى شهر ديسمبر . ولذلك فإنه يأتى أكثر من 85% من الماء فى الأشهر الأربعة من يوليو إلى أكتوبر ولو أن إثيوبيا بنت السدود المقترحة على النيل الأزرق وحجزت لنفسها 6 مليار متر مكعب فإنها ستطلق للباقي بمعدل 3.6 مليار متر مكعب شهرياً (بعد حجز 3% من الماء سيضيع بالبحر فى خزاناتها) لاستخدامات مصر والسودان. وإطلاق الماء بانتظام من إثيوبيا سينهى ظاهرة الفيضان والذبذبات التى تلتى معه فى خزان السد العالى بما سيحمى السودان من مخاطر الفيضانات العالية وبما سيقال من ارتفاع المياه فى بحيرة ناصر إلى الحد الذى سيقال للبحر منها بما يقارب ما ستأخذه إثيوبيا من الماء .

بالإضافة إلى ذلك فإنه سوف يمنع وصول الطمي إلى السودان ومصر بما سيرفع من كفاءة سدود السودان على النيل الأزرق ولتى يتجمع فيها الطمي فى الوقت الحاضر ويقال من سعتها كما سيساعد مصر على الحفاظ على بحيرة ناصر من الاطماء ، ومن المعروف أن الطمي الذى يحمله الفيضان فى الوقت الحاضر يتجمع عند الشلال الثانى فى حدود مصر والسودان بكميات قد تعيق سريان النهر .

على أن مثل هذه السدود يمكن أن تكون لها أضرار كبيرة فبالإضافة إلى صعوبة تنفيذها على خائق النيل الأزرق العميق وذو الانحدار الكبير وارتفاع تكلفتها فإن آثارها

الجانبية ستكون كبيرة جداً . لذلك سيكون سببا لتعرضهما إلى أخطار كبيرة ستوق بكثير ما يمكن أن يجنيه من فوائد فحجز الطمي سيغير من نظام النهر وسيطلق جزءا من تلك الطاقة التي كان النهر يصرفها في حمله فتزيد من قدرته على النحر سواء على جانبيه أو لتعميق مجراه بما يجعله نهرا صعب للمراس ستحتاج حماية جوانبه والاراضي التي تحفه والمنشآت المقامة عليه إلى كثير من الجهد والمال . وبدون الدخول في تفاصيل كثيرة فإن النظرة للفلحصة لمثل هذه السدود وما يمكن أن تجلبه سواء في مجال الزراعة أو الطاقة للكهرومائية .

ولا يبدو مبررا للتكاليف الباهظة التي ستحملها دول الحوض لبقائها - ويجمع الاقتصاديون على أن زمن بناء السدود الكبرى قد راح أوله بسبب انخفاض عائد الزراعة وعدم إمكان دول الحوض من الاستفادة من الطاقة الكهرومائية الكبيرة المولدة ذلك لأن ليس لديها قوة استيعابية لها مما يجعل أمر تصديرها إلى خارج دول الحوض بل وإلى خارج القارة الأفريقية واردا .

ولما كانت آثار مبادرة حوض النيل لم تتضح بعد وفي إطار الوضع القائم المعرض للتغير الكامل . إلا أن هذا الوضع يتطلب المتابعة والدراسة والمعرفة الهندسية والهيدرولوجية لمجرى النهر من المنبع إلى المصب ، ذلك بالإضافة إلى الوجود المستمر من جانب مصر في قلب دول الحوض في مختلف الصور الثقافية والتجارية والاجتماعية .. وما إلى ذلك

ويبدو لي أن مصر قد أدركت خطورة الوضع . فلقد طالعنا جريدة اخبار اليوم الصادرة يوم السبت الموافق 2004/9/18 بالعنوان التالي (أول اجتماع للجنة العليا لمياه النيل غدا)

يرأس الدكتور أحمد نظيف غداً أول اجتماع للجنة العليا لمياه النيل يحضره وزراء الدفاع والإنتاج الحربي والموارد المائية والتعاون الدولي حيث يعرض الدكتور محمود أبو زيد وزير الري والموارد المائية تقريراً حول برامج التعاون بين مصر ودول الحوض العشر في إطار مبادرة حوض النيل التي تم إقرارها في أكتوبر الماضي . ويناقش الاجتماع بدعم التعاون بين مصر ودول الحوض في إطار احتياجات هذه الدول التي انضمت خلال اللقاءات والاجتماعات الثنائية بين وزير الري المصري والوزراء المعنيين في هذه الدول ومن خلال الوفود البرلمانية التي زارت مصر من

اثيوبيا ولوغنده وكينيا وبورندي ورواندا . تشمل الاحتياجات فتح معارض دائمة للمنتجات المصرية في هذه الدول وإيفاد بعثات من وزارة الري لبناء بعض المشروعات فيها مثل مثل السدود والطاقة وتطهير البحيرات .

ثانياً حوض نهر الأردن :

1 - نهر الأردن مياه وحدود دول :

يتميز نهر الأردن بكونه حالة جديدة بالدراسة بشكل خاص ففي حوض هذا المجرى المائي المتواضع والذي لا يزيد تصريفه عن مليار ونصف متر مكعب من الماء ، تتركز جميع الانتقادات والنزاعات والتنازلات الشائعة في تلك المنطقة من العالم . وعند النظر الى خريطة نهر الاردن سوف تلاحظ مدى تعقد وضع هذا النهر . يتخذ مسار نهر الأردن شكلاً فريداً إلى حد كبير فمنابعه تقع في أربع دول كالتى :

في لبنان (الحصاني) وفي سوريا (بانياس واليرموك) وفي اسرائيل (الدان) وفي الأردن (اليرموك وغيره من الروافد في المنطقة الشرقية) وهذا للنهر يجرى بمحاذاة الحدود - الجبهات التي تنور حولها أشد الخلافات بل أن هيدروغرافية نهر الأردن المكون من أهم روافده الثلاثة (الحصاني ، ودان ، وبنياس) والجزء الواقع بين بحيرة حولة وبحيرة طبرية يتطابق مع تلاقي الحدود بين لبنان وإسرائيل وسوريا ، وبذلك فإن حوض نهر الأردن يغطي جزئياً أراضي أربع دول الى جانب الأراضي الفلسطينية المحتلة وهى : لبنان الذي تتبع فيه مياه نهر للحصاني وهو أبعد المنابع لنهر الأردن ، سوريا التي تغذى نهر بانياس وجزء من نهر اليرموك وإسرائيل حيث يوجد منبع نهر دان الرافد الإسرائيلي الوحيد لنهر الأردن والذي يقع داخل خط هدنه عام 1948 ، وأخيراً الأردن الذي يغذى نهر اليرموك ومجموع الأودية والروافد التي تصب في نهر الأردن بين البحر الميت وبحيرة طبرية .

2 - نهر الأردن :

يبلغ طول نهر الأردن حوالي 360 كيلومتر ويوجد منبعه في جبل الشيخ بلبنان على ارتفاع 2814 متراً فوق سطح البحر ، ويقطع مسافة 21 كيلومتر في هذا البلد تحت اسم الحاصباني ويمر نهر الأردن في منحدرات لبنان حتى البحر الميت ببخيرة الحولة التي ترتفع مترين فوق منسوب سطح البحر ، حيث يلتقي بثلاثة روافد عليا (الحاصباني ، وبانياس ، ودان) قبل أن يصل الى بحيرة طبرية . ومجموع تلك

تحت منسوب سطح البحر. وهو يشق مجراه في مضيق محصور وسط البازالت فهي أصغر من بحيرة الحولة وتمتد مساحتها على سطح قدره 266 كيلومترا مربعا ويصب نهر الأردن في هذه البحيرة عند ضفتها الشمالية حيث تبلغ درجة الملوحة 300 جزء في المليون، ولكن زيادة الملوحة العالية لمياه البحيرة ترجع إلى نمب للتبخّر الشديد الذي يصل إلى 300 مليون متر مكعب في العام وتحويل مجارى روافد نهر الأردن التي كانت تغذى البحيرة بالمياه العذبة وتحد من زيادة ملوحتها .

ومن بحيرة طبرية حتى البحر الميت (عند منسوب 400 متر تحت سطح البحر) أي بفارق 185 متراً مقارنة بمستوى بحيرة طبرية تكون المسافة على خط مستقيم طول 109 كيلومتر، بينما طول نهر الأردن يصل هناك إلى 320 كيلومتر فهو يتعرج على رسالة من سهل طمبي يفرقه الفيضان، ومعروف في الأردن وفلسطين باسم الزور وهذه منطقة ذات مناخ رطب تكسوها نباتات شبه استوائية، ويشرف عليها من الجانبين "الغور" وهو عبارة عن جمع من المصاطب المسطحة والجافة التي تتخللها أراضي جرداء وسيول رافدة وموسمية، ومتوسط الميل قليل، يفسر لنا تنظيم فيضان بحيرة طبرية وتحويل جانب كبير من مياه الجزء الأعلى من نهر الأردن، منسوب التحريك الدائم في النهر. فإنه يتم اقتطاع ما بين 60-80% من المياه التي تصب في بحيرة طبرية لتغذية القناة القومية الإسرائيلية، كما يحول جزء كبير من مياه اليرموك نحو الوادي عن طريق قناة للغور الأردنية الشرقية . وفيما عدا الفيضانات القصيرة الأجل الناجمة عن هطول الأمطار المحلية ومياه بعض الوديان التي لم يتم تهذيبها على الضفتين يكون النهر شبه بجدول متواضع يمكن اجتيازه سيراً على الإقدام في العديد من المواقع .

ويلتقي نهر الأردن بعد تركه بحيرة طبرية بمسافة سبعة كيلومترات مع نهر اليرموك الذي توجد منابعه في جبل الدروز بسوريا، وكان يزود نهر الأردن بحوالي 400 مليون متر مكعب من الماء في السنة وذلك حتى شق قناة "الغور الشرقية" ويلتقي نهر الأردن في مجراه نحو الجنوب بنهر آخر هام أصبحت مياهه محتجزه خلف سد . وهو نهر الزرقاء الذي يصل متوسط تصرفه للسنوات إلى حوالي 95 مليون متر مكعب من المياه، ومن جهة أخرى فإن ما تسهم به الوديان القصيرة في فلسطين وبالأخص منحدرات شرق الأردن ليس كما مهملاً لأن تلك الوديان تغذيها سلسلة من الينابيع "الطبيعية" عند محط المنحدر الشرقي. وتزود بياضع شرق الأردن وحدها بالنهر بحوالي 80 مليون متر مكعب سنوياً. وإذا كانت هذه المياه الجانبية تستخدم إلى حد كبير في الزراعة وبالتالي لا تصل إلى مجرى النهر ولذا تكون مياه نهر الأردن مالحة بدرجة كبيرة في فترات التحريك .

ولا يبدو أن هناك مطبوعات رسمية أو شبه رسمية والتي تتضمن بيانات صحيحة حول متوسط فيضانات نهر الأردن ومتوسط إيراداته حيث تتراوح التقديرات الغير رسمية بفوارق

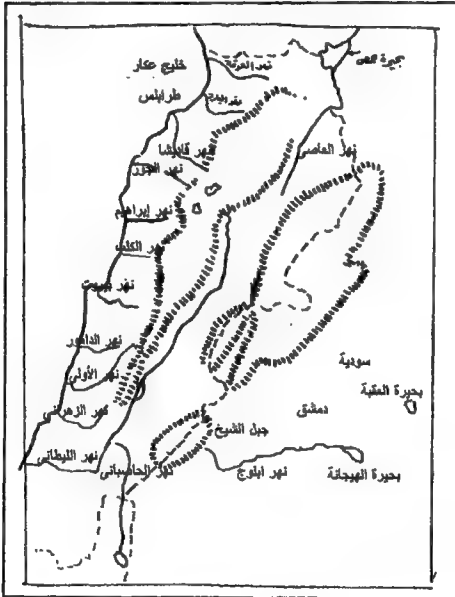
قد تصل إلى 20 % ويرجع ذلك إلى ندرة الماء أو باعتباره نادراً، حيث التقديرات الرسمية التي تقدمها كل دولة من دول حوض النهر المعنى تكون مختلفة ذلك لمحاولة كل طرف إن يتشبث بالأرقام الأكثر ملاءمة له عند أي مفاوضات أو مناقشات حول طرق اقتسام مياه النهر الواقع بين أراضي دولتين أو أكثر. ويحدث هذا بصفة عامة كلما اتجهنا إلى أسفل الحوض حيث ترتفع التقديرات المقدمة بخصوص التصرفات. وإن كان الاختيار على الجدول الذي قدمه ناف وماتسوك قد يكون هو الأشمل والأكثر ترابطاً .

جدول (1/2) تصرفات نهر الاردن حسب ناف وماتسوك (بالمليون متر مكعب)

المنبع	البلد	الوارد	الخالد	المجموع
1. أعلى نهر الأردن	إسرائيل	245		
أ. الدان	لبنان	138		
ب. الحاسباتي	سوريا	120		
ج. بانياس				504
2. الاجمالي من نهر الأردن إلى الحولة	إسرائيل		100-	
3. الري في وادي حولة	إسرائيل	140		
4. مجارى محلية في جسر بنات يعقوب				544
5. الإيراد عند مدخل بحيرة طبرية				
6. في بحيرة طبرية				
أ. منابع محلية	إسرائيل/ سوريا	70		
ب. أمطار فوق البحيرة	إسرائيل	65		
ج. مصادر في بحيرة طبرية وحولها	إسرائيل	65		
7. التبخر فوق بحيرة طبرية	إسرائيل		270-	
8. المنصرف أسفل نهر الاردن				474
9. اليرموك		492		966
10. الوديان والينابيع في الغور	الأردن / إسرائيل	505		1471

3 - نهر الليطاني :

يبلغ طول نهر الليطاني 170 كيلومتر ، وهو اهم انهار لبنان يتصرفه البالغ 987 مليون متر مكعب في العام، ويقع منبعه شمال بعلبك ويقطع سهل البقاع الى أن يصل إلى ناحية دير منياس (جنوب لبنان) وجنوب مدينة مرجعيون حيث يتحول مجراه نحو الغرب حتى يصل إلى مصبه في البحر الابيض المتوسط ، شمال مدينة صور .



شكل (1-4) أنهار لبنان

ولا تغذى للليطاني سوى روافد قليلة فيما عدا أسفل الطريق بين بيروت ودمشق حيث يلتقي مع عدد من "النهيرات" القادمة أيضاً من نفس المنابع ويحصل لليطاني في جزئه الاعلا بالبقاع على كم كبير من المياه في يناير ، وأحياناً قبل ذلك في ديسمبر وحتى ابريل وذلك على اثر سقوط الأمطار الغزيرة الأولى التي تبلغ أقصاها في فبراير بمعدل يتراوح ما بين 3 لى 4 متر مكعب في الثانية. وقد شيد سد القرعون في عام 1968 على النهر في غرب البقاع إلى جانب عدد كبير من محطات الكهرباء 'مرقب أولى' .

4 - المياه الجوفية :

يقع أهم خزان جوفى في إسرائيل والاراضى المحتلة (الضفة الغربية وغزه) غرب الضفة الغربية (حوض العوجا - للتمساح- نهر العوج - نهر الزرقاء) وإجمالي طاقتها في السنة 335 مليون متر مكعب من الماء . أما الخزان الجوفي الثاني فيوجد في الشمال الشرقي من (جلبوع - بيسان / جبل للقوقع - بيسان) ويوفر سنوياً 140 مليون متر مكعب من الماء - والخزانات الأقل شأنًا هما خزان جوفى تحت السفح لتلال الضفة الغربية من جنين حتى بير سبع والآخر الخزان الجوفى الساحل بطول ساحل البحر الأبيض المتوسط .

وهناك حوالي 382 بئراً توفر للفلسطينيين في الضفة الغربية 50 مليون متر مكعب في العام ، وهو يمثل ثلث استهلاكهم السنوى من المياه المخصصة للزراعة والصناعة والاستهلاك المنزلي أما الثلثان الباقيان فمصدرهما 295 بئراً في المنطقة ، والمياه المنحدرة وخزانات جمع مياه الأمطار الملحقة بالعديد من المنازل .

أما الأردن فإن للمياه الجوفية تمثل أهم مصدر للمياه المستخدمة في الزراعة والشرب . هذا بالإضافة إلى أنها أضمن مصدر للمياه حيث لا تعتمد إلى حد كبير على التغيرات الجيو سياسية في المنطقة ويعتبر الخزان الجوفى الممتد من عمان حتى وادي صبر أكبر الخزانات وهو يشمل جانباً كبيراً من الاراضى الأردنية على عمق يتراوح ما بين 50 متر ، 700 متر .

5 - الماء في الأردن : الموارد والاستهلاك

سيتم الاستعانة بما أورده الدكتور الياس سلامة مدير مركز الأبحاث والدراسات المائية بجامعة عمان. يبلغ استهلاك الأردن السنوي (عام 1996) حوالى 870 مليون

متر مكعب ، 46% من هذا الماء يأتي من روافد نهر الأردن ، 54% من الأمطار والمياه الجوفية . والأردن في ذلك العام كان معدل استهلاكه يعادل 115% من مصادر المياه ، إلا أنه في عام 2000 عندما زاد عدد السكان إلى حوالي 5.37 مليون نسمة ، ارتفع الاستهلاك ليصل إلى 1050 مليون متر مكعب (منها 650 مليون للزراعة ، 400 مليون للنشطة الأخرى) ، وهذا يعني تجاوز الموارد المتاحة بنسبة 20 % .

على الرغم من المصاعب التي تواجهها الأردن ومنها المصاعب المالية إلا إن هناك جهودا كبيرة تبذل لتوفير المياه لكل المواطنين تقريبا وقطاعات الاستهلاك الأخرى للزراعية والصناعية . العاصمة عمان (حوالي مليون نسمة عام 1996) تستهلك وحدها 45% من لجمالي المياه المنزلية والذي تحصل عليه من الآبار الجوفية، فضلا عن قناة دير العلا - عمان التي تنقل إلى العاصمة جانباً من ماء للفور الشرقي. أما مياه الري فتكون من قناة للفور الشرقي (لو قناة الملك عبد الله) التي تنقل جزءاً من مياه اليرموك على مسافة 120كم ، وهذه تزود الأراضي الزراعية بطول الولدي بمياه الري كما توفر للماء للصالح للشرب للمدن والمناطق السكنية في شمال غرب البلاد وفي الولدي. ويتم تزويد القناة بالماء عن طريق السدين الكبيرين في الأردن سد الملك طلال على نهر الزرقاء بسعة 90 مليون متر مكعب في السنة بعد تعليته خلال الثمانينات وسد وادي العرب الذي تم تشييده في نفس الفترة وتبلغ سعته الكلية 20 مليون متر مكعب من الماء في العام وذلك علاوة على نهر اليرموك . ويستفيد قطاع الري من مياه الوديان المنسابة نحو وادي نهر الأردن ومنخفض البحر الميت والمحتجزة في عشرة خزانات توفر في مجموعات 105 مليون متر مكعب في السنة . وفي مواجهه زيادة الطلب تعمل الأردن على بناء عدة مشروعات من بينها سد على وادي مجيب وولى ، حيث تبلغ سعة كل منها 20مليون متر مكعب ، وتعليه خزان وادي كفرين لترتفع سعته من 2.4 إلى 6.9 مليون متر مكعب سنويا . غير ان المشروع الرئيسي للمائي هو سد الوحدة في المقارن على نهر اليرموك ، وهذا المشروع الذي يعود الى عام 1953 بهدف إلى حجز 225 مليون متر مكعب من الماء كل عام ، بما يمكن من زراعة 3500 هكتار في وادي نهر الأردن إلى جانب 16500 المروية حالياً، وكذلك زيادة كمية الماء الصالح للشرب في منطقة عمان - زرقاء (1.5 مليون نسمة) مقدار 50 مليون متر مكعب هذا بالإضافة إلى إقامة محطة توليد كهرباء مائية طاقتها 8 ميجاوات لحساب سوريا وفقاً لنصوص الاتفاق المبرم بين الدولتين في

سبتمبر 1987. ولا يزال هذا المشروع مؤجلاً نظراً لأن الجهات الممولة ومنها البنك الدولي وهيئة المعونة الأمريكية للتنمية ترفض التمويل " طالما لم يتم التوصل إلى اتفاق مع إسرائيل على تقسيم مياه اليرموك .

6- الماء في إسرائيل وفي الأرض المحتلة :

يصعب تحقيق اللياقات عن إمكانات إسرائيل المائية والتي تراوحت بين 2.5 مليار متر مكعب إلى 5 مليار متر مكعب في العام طبقاً لمختلف المصادر وإن معدل الزيادة في استهلاك المياه هي 20% سنوياً .

بالنسبة للضفة الغربية فيمكن تقدير الموارد المائية بحوالي 850 مليون متر مكعب في العام منها 600 مليون متر مكعب من المياه الجوفية في الضفة الغربية المتجددة باستمرار ، 200 إلى 250 مليون متر مكعب في العام من نهر الأردن وروافده .

إلا أنه من بين هذا المجموع المتاح هناك 620 مليون متر مكعب فقط يسهل استغلاله لأن جزءاً منه من مياه نهر الأردن السطحية ورافده والتي يصعب إدارتها وكذلك لأن السحب من المياه الجوفية يجب أن يكون بحذر شديد لتعويض زيادة ملوحة المياه. كما أن إسرائيل تقوم بضخ 500 مليون متر مكعب من آبار موجودة داخل الخط الأخضر وهي تستغل طبقة المياه الجوفية الموجودة تحت خط القمّة الجبلية للضفة الغربية وهذه تشكل حوالي 20 % من الماء المستهلك في إسرائيل ، وهو ما يفسر تمسكها بعدم استعدادها قبول إدارة عربية مستقلة للمياه. ومن بين 47.1 مليون متر مكعب التي تنتجها 331 بئراً في العام في الضفة الغربية فإن 30% من هذه الكمية يسحب من آبار المستوطنين اليهود الذين لا يشكلون سوى 6% من السكان ، بما يدل على مدى قوة الضغط التي يتمتع بها المستوطنون اليهود .

ومتوسط استهلاك الفرد يؤكد الفارق الشاسع ' إذا تعلق الأمر بالفلسطينيين أو المستوطنين في الأراضي المحتلة أو الإسرائيليين (المقيمين داخل حدوداً ما قبل 1967) فبينما يستهلك المواطن الإسرائيلي 375 متر مكعب سنوياً ، فإنه يتمتع على الفلسطينيين أو يكتفي بـ 157-156 متراً مكعباً في العام (160-234) مليون متر مكعب لمليون ونصف فلسطيني يعيشون في الضفة الغربية وقطاع غزة. ومن جهة أخرى يدفع المستوطن الإسرائيلي 15 أجورو (Agoro) للمتر المكعب من الماء المستخدم في

الزراعة ، 23 أجورو للماء المستخدم في المنازل بينما يدفع الفلسطيني ثمنا إجماليا قدره 70 أجورو بلا تمييز بين ماء الري والماء المنزلي .

7 - حوض نهر الأردن وسط النزاع العربي الاسرائيلي :

بغية تقاضى أى لبس ، فإن للنزاعات والمطالب سواء كانت عربية أو إسرائيلية شملت في أن ولحد مياه نهر الأردن ونهلا للليطاني في لبنان ولذا سيتم تناول المشاكل المتعلقة بكلتا النهرين

• المياه والحدود في المشروع الصهيوني

لم تتخل أبدا الحركات الصهيونية وقاداتها عن فكرة السعى إلى فرض سيطرتها كاملة على كل مياه نهر الأردن والليطاني ، حتى بعد قرار هيئة الأمم المتحدة في عام 1947 بتقسيم فلسطين إلى دولتين (أحدهما فلسطينية والأخرى إسرائيلية . وقد حاولت الدولة العبرية منذ إنشائها أن تحقق ذلك عمليا باحتلال أو ضم أو مصادرة للموارد المائية النهرية والجوفية في المنطقة . وكان القادة الصهيويون قد طالبوا مراراً قبل قيام الدولة العبرية بأن تكون فلسطين حدوداً تضع في اعتبارها منابع المياه فمنذ عام 1867 نظمت مؤسسة استكشاف فلسطين " البعثة الصهيونية الأولى المكونة من مهندسين لتقييم الموارد المائية في المنطقة . وقد وضعت تلك اللجنة في اعتبارها في تقريرها التي سلمته في 1871 ، مياه نهري الأردن والليطاني وقدرت أنه يتوافر لدى فلسطين ما يكفي من الماء لاستيعاب ملايين الأفراد " وأن مياه الشمال يمكن أن توجه إلى الجنوب وذلك لرى صحراء النقب. وفي حدود التفاصيل الحالية تقريباً وبدون استخدام مياه الليطاني فإن البنية التحتية الهيدروليكية الحالية في إسرائيل تتوافق تقريباً مع نصوص التقرير المذكور آنفاً. فمياه نهر الأردن تتساقب الآن من شمال البلاد حتى جنوبها وتصل إلى النقب حيث ارتاحت لنتاج زراعي مكثف وحديث ويعتبر من أكبر الإنجازات الإسرائيلية نجاحاً .

وفي عام 1916 ، في خضم الحرب العالمية الأولى طلب ممثلوا الحركة الصهيونية من البريطانيين أن يمجوا مجموع نهر الأردن في فلسطين وأن يرسموا الحدود حسب مسار نهر الليطاني ولما رفض مطلبهم هذا ، أعادوا الكرة في عام 1919 وطلبوا في مؤتمر السلام في باريس بأن تمتد الحدود الشمالية لفلسطين حتى نهر الليطاني والسفح الغربي لجبل الشيخ (الذي يغذى نهر الحصباني ، الرافد اللبناني

لنهر الأردن) . والوادي السفلي لليرموك . ولم يلق هذا المطلب الثاني أى نجاح شأنه شأن المطلب الأول ولم يبنه المؤتمر المذكور . وفى نفس العام ، كتب القائد الصهيونى شاييم وايزمان يقول فى خطاب يتعلق " بالموطن اليهودى " المزمع تأسيسه ، وموجه الى رئيس الوزراء البريطانى " ديفيد لويد جورج " إن المستقبل الاقتصادى لفلسطين يتوقف على تزويدها بالمياه للرى ولتوليد الكهرباء ... ويجب ان يتوفر هذا الماء أساسا من منحدرات جبل الشيخ ومنابع نهر الأردن ، ولليطاني ونحن نرى انه من الأمور الأساسية أن تشمل الحدود الشمالية لفلسطين وادي الليطاني لمسافة 35 ميلا (40.2 كيلو متر تقريبا) وكذلك السفحين الجنوبي والغربي لجبل الشيخ . ومع ان مؤتمر باريس تجاهل مطالب الزعماء الصهيانية لذلك ، الا ان رسم حدود " الانتداب " المفروض على فلسطين يتفق مع مرامى هؤلاء الزعماء . فالاتفاق بين الدولتين المنتدبتين ، فرنسا وانجلترا تحت إشراف عصبة الأمم بخصوص الولايات العثمانية (فلسطين ، شرق الأردن، لبنان ، سوريا) يدل على أن رسم الحدود بين فلسطين وسوريا ولبنان وضع فى الاعتبار الشبكة الهيدرولوجية فى شمال حوض الأردن وذلك بتمرير خط الحدود بحيث تمتد فلسطين حتى الجزء العلوى من نهر الأردن المتضمن منابع دان وبحيرة الحولة فى مجموعها والأجزاء " القابلة للاستغلال " أى المنحدرات الضعيفة نهري الحصباني ونيامسى ، ويتخذ مسار الحدود فى هذا الموقع شكل حدود الحصان ، ويمتد لمسافة تتراوح بين 50 ، 150، مترا على ضفتى نهر دان وبحيرة طبرية . والحدود التى قدرتها دولتا الانتداب بين فلسطين إمارة شرق الأردن ، التى خلقها البريطانيون وصرحوا بقيامها فى 1922 وأصبحت فيما بعد المملكة الأردنية الهاشمية ، تحاذيه.

8- نهر الأردن بين اليرموك والبحر الميت .

وفىما يتعلق بنهر الليطاني ، لم يحرم الحركة الصهيونية ودولة إسرائيل منذ 1947 من التنفيذ بشكل مباشر إلى مياه الليطاني سوى إصرار فرنسا على الحفاظ على جنوب لبنان وغرب جبل الشيخ ومنابع الحصانى ويانياس فى نطاق القطاع الجغرافى لانتدابها غير انه سيتبين لنا فيما بعد ان مياه النهرين ستندمج شيئا فشيئا فى المجال الهيدروليكي الاسرائيلى لولا فى عام 1967 فيما يتعلق بالمنابع الشمالية لنهر الأردن ، وفى عام 1982 فيما يخص نهر الليطاني

وجدير بالذكر في هذا الصدد أن العديد من الشكوك تحوم حول السيادة الإسرائيلية إزاء هذا النهر اللبناني . والواقع أن بعض المراقبين يتهمون سلطات الدولة العبرية باستغلال مياه الليطاني ، مع أن الإسرائيليين ينكرون تماماً قيامهم بتنفيذ أعمال بهذا الخصوص ، إلا أنه هناك بالفعل مشروعاً إسرائيلياً لاستغلال مياه الليطاني ، يتمثل في حفر قناة جوفيه تربط " ديرميناكس بوادي الحولة " بين حوض بنات يعقوب والسلطان إبراهيم . وبمقتضى هذا المشروع يتم ضخ المياه بمعدل 480 مليون متر مكعب في العام (تصرف الليطاني 865 متر مكعب في العام) ، تصب في بحيرة طبرية ثم إلى بقيته أنحاء البلاد . خاصة جنوبها عن طريق نهر الأردن .

ثالثاً: حوض دجلة والفرات : شكل [1/5]

1 - مقدمة :

تقع منابع كل من نهري دجلة والفرات في الأراضي التركية ثم يستمر مجراهما في دولتين عريبتين وهما سوريا والعراق ، حيث يبلغ تعداد السكان بهما حوالي 35 مليون نسمة . علاوة على الحدود الواقعة بين سوريا والعراق التي لا تعتبر على أي حال حدوداً تنعم بالهدوء . فإن النهرين يعبران حدوداً يزيد موقعها الجغرافي كثيراً من المشاكل بين تركيا من جهة وسوريا والعراق من جهة أخرى . بالإضافة إلى ما يتعلق بحدود دولية بين دول ثلاث مستقلة ، فإن الحدود التركية العربية تمتد متجهة نحو الشمال الشرقي لتشمل أيضاً الحدود الفاصلة بين تركيا وإيران وتقسّم الكرديستان إلى عدة أقاليم تركية وسورية وعراقية وإيرانية ... وبشكل ذلك الواقع الجغرافي مصدراً لتعقيد الخريطة الجغرافية في هذه المنطقة من العالم . ويتضح هذا التعقيد عند دراسة الخريطة الهيدروسياسية لحوض دجلة والفرات . مع أن معدل هطول الأمطار مرتفع للغاية في المناطق التركية والإيرانية حيث يبلغ 1200 ملمتر في العام ، إلا أنه متواضع في بقية أنحاء الحوض حيث ينخفض من الشمال الغربي في اتجاه الجنوب الشرقي ليسجل معدلاً يبلغ في المتوسط 200 ملمتر في العام جنوب العراق .

2 - الفرات:

يلتقي نهري دجلة والفرات بالعراق، ويصب في مهبطهما المشترك نهر القارون الذي تغذيه منابع إيرانية وعراقية . وتتلاقى الأنهار الثلاثة معاً في شط العرب (بسة 43.8 كيلو متر مربع) لتصب في الخليج العربي الفارسي .

ويبلغ طول نهر الفرات 2215 كيلومترا (400 في تركيا ، 475 في سوريا ، 1400 في العراق) وإيراد الفرات السنوي من المياه هو 31.82 مليار متر مكعب في المتوسط . ويبلغ الحد الأدنى للنهر 16.871 مليار متر مكعب في السنة في مقابل 43.457 مليار متر مكعب كحد أقصى سنويا . ويقدر متوسط إيراد النهر السنوي عند الحدود السورية التركية بحوالي 30.4 مليار متر مكعب في العام ويشارك كلا من تركيا وسوريا على التوالي في متوسط هذا الإيراد بنسب 88% ، 12% على التوالي. أما العراق والعربية السورية فلا يساهمان في فيضان نهر الفرات إلا بقدر قليل .

ولو اندمج في إيراد النهر مولد الروافد الرئيسية للخابور (1.5 مليون متر مكعب) والساحور (90 مليون متر مكعب) والبلخ (150 مليون متر مكعب) لوجدنا أن أكثر من 98% من إيراد الفرات يأتي من تركيا .

3 - دجلة :

يبلغ طول نهر دجلة 1718 كيلو متر ومساحة حوضه 258 ألف كيلو متر مربع. متوسط الإيراد السنوي لنهر دجلة يتراوح ما بين 47، 49.7 مليار متر مكعب في العام. ويقدر متوسط إيراد دجلة عند الحدود التركية ب 16.8 مليار (18.5 مليار في الموصل) علماً بأن روافده في إيران تزوده بحوالي 26.7 مليار متر مكعب . أما باقي الإيراد فتوفره الروافد العراقية بما في ذلك تلك التي تقع مصادرها جغرافيا داخل إيران وهي الأدهم والزاب الصغير والزاب الكبير ونهر دياالى . وعلى نقيض نهر الفرات فإن حصة فيضان دجلة للوفدة من تركيا لا تمثل سوى 45% من المجموع . فبينما لا تستطيع تركيا التدخل سوى جزئيا فيما يتعلق بمجرى نهر دجلة وإيراده إلا إنها تتحكم تماما في التصرف في فيضان نهر الفرات وهي تغذى إيراده بنسبة 88%. مع أن هناك بعض الإنشاءات للقائمة أو الجاري تنفيذها على نهر دجلة ، خارج نطاق جزئه التركي إلا أن السيطرة على مجراه تولجه عقبات وذلك بسبب انحداره الشديد وطبوغرافيته المتميزة بوعورة تضاريسها. وينطبق ذلك تقريبا على كل الروافد الإيرانية والعراقية للنهر إذ أنها تزوده بما يزيد عن نصف إيراده السنوي. ويبين الجدول التالي بيانات عن دجلة والفرات وأن كان هناك بعض الاختلاف لما سبق ذكره. يبلغ الإيراد السنوي لنهر قارون الواقع أسفل مجرى دجلة 15.5 مليار متر

مكعب سنويًا . ومصدر هذه المياه هي جبال الزاجروس وهي تصب مباشرة في شط العرب .

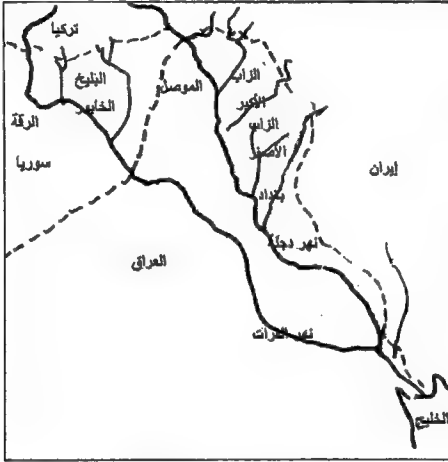
جدول (1/3) إيراد نهري دجلة والفرات من المياه

النهر - الاسم	مساحة الحوض بالآلاف كيلو متر مربع	الطول بالكيلو متر	الإيراد بالمليار متر مكعب
<u>دجلة</u>	258	1718	48.7
الزاب الكبير	26	260	13.18
الزاب الصغير	31	380	7.17
الأدهم	13	210	0.79
ديالى	32	440	5.74
<u>كرخة</u>	46	780	6.3
طبيب	5	80	1
دويرج	5	110	1
<u>الفرات</u>	444	2230	29
الخابور	36.9	430	1.5
البامسيخ	14.4	202	0.15
الساحور	12.35	108	0.125
شط العرب	702	190	32
قارون	58	400	24.7
خور الكرخة	46	780	---

4- نوعية مياه حوض دجلة والفرات

تتخفض نوعية المياه تدريجياً مع التقدم باتجاه أسفل النهر إذ ترتفع نسبة الأملاح المذابة من أقل من 250 ملجرام / لتر في تركيا إلى ما يزيد عن 600 ملجرام / لتر في الجزء الجنوبي من العراق، 500 ملجرام / لتر جنوب البصرة. مياه دجلة أشد ملوحة من مياه الفرات، وخاصة تلك التي يتروذ بها عن طريق الروافد السفلية ، حيث لا يمكن استغلالها بكميات كبيرة سواء للرى أو للاستخدام المنزلى والشرب. ويتسبب الانحدار الشديد في الحوض في تآكل الأرض وتفتت الطمي شديد الملوحة الذي يجرفه النهر في الدلتا الواقعة بين نهري دجلة والفرات. ويتسبب هذا الطمي المترسب في الارتفاع الكبير في ملوحة الوادى السفلى .

لتعبئة الموارد المائية في الوطن العربي



شكل (5-1) لحوض نهرى دجلة والفرات

5 - الماء في ارتباط بالعلاقات متعددة الأطراف في حوض دجلة والفرات :

يعود النزاع حول مياه نهري دجلة والفرات الى عدة عقود من الزمن . وهو لا يؤثر مولجهاً بين تركيا وكلا من سوريا والعراق للواقعتين اسفل الحوض فقط ولكن أيضا بين هاتين الدولتين العربيتين. وإذا كانت أطراف النزاع قد ارتضت أحيانا التفاوض فيما بينها إلا أن هذا الطرف أو ذاك حاول في كل مرة أو يشترط الحصول على بعض المزايا الإقليمية أو السياسية مقابل إقرار أي اتفاق. ولهذا لم تنتهى أي محادثات إلى أي اتفاق نهائى أو تراضى. ويعود ذلك إلى تعقد الخريطة الجيوسياسية للمنطقة، الناجمة عن تقطيع أوصال الإمبراطورية العثمانية ودور السياسات التي انتهجتها الدول الاستعمارية (بريطانيا - فرنسا) في الفترة بين العشرينات والخمسينات

من القرن العشرين. ولا تزال كل دول المنطقة ترسم خرائطها حسب تصوراتها الخاصة بأراضيها وحقوقها . غير أن الحدود المجسدة على أرض الواقع من خلال الوجود الفعلي لعناصر السيادة هي التي تقيد بخصوص للزاعلت بين دول وشعوب المنطقة. وكمثال فإن سوريا التي تتحكم في أعالي نهر العاصى نظراً لوجودها في لبنان، تستهلك حوالى 90% من الإيراد السنوى للنهر . وذلك ضد إرادة الحكومة التركية ورغم لحتاجاتها المتكررة فدمشق ترفض الاعتراف بأى حق لتركيا فى لواء الاسكندرونة الذى يطلق عليه الأتراك إقليم "هاتاي" حيث كانت فرنسا قد تنازلت عنه لتركيا فى عام 1939 ولا تزال تركيا تعتبره جزءاً من ترابها الوطنى . ويجدر بناء أن تشير إلى أن نهر العاصى الذى يوجد منبعه فى إقليم اللبقاع اللبناى ويتواصل مجراه فى سوريا حتى إقليم هاتاي يسجل إيراد يقدر بحوالى 410 مليون متر مكعب فى العام. وتكمن خلف مواقف العواصم للثلاث اعتبارات داخلية وخارجية كبيرة واستراتيجيات اقليمية معقدة ومتناقضة فى كثير من الأحوال. غير أن وضع تركيا الجغرافى ووقوع منابع النهرين فى أراضيها ودورها فى تشكيل الخريطة الجغرافية والسياسية الراهنة يكسبها وزناً عظيم الشأن تضعه فى خدمة سياستها الإقليمية . ولما كانت تركيا حليفاً قوياً للغرب أثبت مصداً قيمته خلال حرب الخليج ضد العراق ، لهى تحاول بقدر من النجاح أن تستثمر الواقع الاستراتيجى الذى تحتله بين دول الشرق الألى وأوروبا ، وبين الشرق العربى .

وتسعى لقرة إلى فرض وجهه نظرها فى السياسة المائية للمنطقة بمساعدة من الغرب أن لم يكن بتواطئه الصامت . وبالطبع فإن البنك الدولى وهو الأداة المالية التى تمسك زمامها الدول الكبرى فى العالم يرفض رسمياً تمويل المشاريع المائية التركية طالماً لم يتم للتوصل إلى اتفاق مع الدولتين المتجاورتين لها حول تقاسم مياه دجلة والفرات وإدارتها . إلا أن للكرم الغربى نحو الحكومة لتركيا يتجلى فى المساعدات والقروض الخاصة بقطاعات أخرى من ميزانية الدولة بما يوفر لها إمكانيات تأسيس صندوق " قومى " مخصص لمشروع تطوير وترويض منابع دجلة والفرات الذى تزيد تكلفته عن 30 مليار دولار. إلا أن دول الحوض الأخرى لا تعوزها وسائل الضغط ومنها لواء الاسكندرونة الكرستان ، البترول ، الأصول الإسلامية . لا تعانى تركيا نقصاً فى الماء حتى إن كانت الموارد المائية التركية غير موزعة جيداً حسب المناطق والمواقيت إلا أنها تبلغ سنوياً 185 مليار متر مكعب يوفرها 26 حوض نهري مستقل

ويوفر نهر دجلة والفرات ثلث تلك المياه السطحية . ولا تستهلك تركيا سوى 95 مليار متر مكعب في العام من تلك الموارد .

يقدر ما يتوفر لسوريا من مياه سطحية 33.7 مليار متر مكعب ، منها 26 مليار من الفرات وروافده ، 4.1 من العديد من الأنهار الأقل أهمية .

ووفقا لاتفاق ثنائي عقد في عام 1987 ، وتم تجديده في عام 1990 بين تركيا وسوريا ، فإنه يصل إلى سوريا 15.75 مليار متر مكعب من مياه الفرات (500 متر مكعب في الثانية) وهي تحصل بمقتضى اتفاق ثنائي آخر تم توثيقه مع العراق عام 1990 على 6.6 مليار متر مكعب من هذا القدر (42%) في مقابل ل 9 مليارات الباقية التي ينالها للعراق .

تبلغ اجمالي المياه السطحية في العراق 106 مليار متر مكعب ، علما بأن سوريا وتركيا يوفران 50% من تلك المياه ، وإيران 30% ، والعراق 20%. ويزودا نهر دجلة والفرات العراق بحوالي 81 مليار متر مكعب (31 مليار من الفرات وحوالي 50 من دجلة) بينما للمجارى المائية الواقعة جنوب العاصمة بغداد هي التي توفر الباقي غير أن نوعية هذه المياه سيئة للغاية لأنها تمر بمستقعات وهي متجهة جنوباً ، فتتلقى منها كميات كبيرة من الأملاح. وتقدر كمية المياه الصالحة للاستعمال ، مع الأخذ في الاعتبار الفاقد الذي يصل إلى 10 مليار متر مكعب سنوياً حيث تكون هذه الكمية حوالي 43.1 مليار متر مكعب سنوياً. وتعتبر هذه الكمية الحد الأدنى المضمون أما المتوسط للسوى للمتاح فهو 54 مليار متر مكعب والحد الأقصى في احسن الاحول 67.5 مليار متر مكعب .

كان العراق قد نفذ عدداً من المشاريع المائية لتخزين المياه وضبط حداثها ومما لا شك فيه أن أهم نظام هيدروليكي حديث يجري تنفيذه في العراق هو نظام الربط بين اكبر نهري في البلاد ، وهما دجلة والفرات . ويعتمد على المشروع الذي ينفذ على عدة مراحل على مختلف المنشآت الهيدروليكية المرتبطة بوادي منخفض ثرثار الكبير، وهو منخفض يمتد طويلا من الشمال الى الجنوب ويقع بين الفرات ودجلة وينتهي بسد طبيعي بارتفاع 3 أمتار فوق سطح البحر .

وقد نفذ الربط الأول بين دجلة ووادي لثرثار الذي تبلغ طاقة احتجازه للماء 30 مليار متر مكعب عند المنسوب 36 . كما إن هناك مد سامراء يتيح تحويل جزء من

مياه دجلة إلى المنخفض بواسطة قناة يبلغ تصرفها 9 الاف متر مكعب في الثانية. أما مياه الفرات فقد تم تحويلها بنفس الطريقة إلى بحيرة " الحباتية" ومنخفض أبو دنيس وهما يستوعبان معا 6.75 مليار متر مكعب ويتم تزويد البحيرة بالماء بواسطة قناة تتطلق من الفرات وذلك بمعدل نظري حوالي 2800 متر مكعب في الثانية .

وتمثلت المرحلة التالية في استخدام وادي الثرثار كمخزن مشترك وقد تسارعت أعمال التجهيز الهيدروليكي مع قيام سوريا ببناء سد " طبقة " وملئه خلال سنوات 1973 - 1976 مما أدى إلى هبوط الماء الذي يأتي به الفرات إلى العراق إلى لا شيء تقريباً ، حيث أصبح معدل تدفق للنهر حوالي 100 متر مكعب في الثانية ، مما أدى إلى معاناة 135 ألف هكتار من الجفاف الكامل وبهدف الحد من تأثير ذلك الانخفاض الخطير في تصريف الفرات ، ثم عام 1976 شق قناة تمتد من وادي الثرثار حتى الفرات ويبلغ طول هذه القناة 360 كيلومتر ويبلغ معدل صرفها 600 متر مكعب في الثانية بما يزود الفرات سنوياً بحوالي 6 مليار متر مكعب من الماء وحيث انه تم رفع منسوب الماء بارتفاع 65 متر فوق سطح البحر ، فقد بلغت سعة التخزين فيه 85 مليار متر مكعب من الماء على مساحة 2700 كيلو متر مربع .

وأخيراً تم في 1982 حفر قناة لسحب المياه من المنخفض إلى نهر دجلة ، فاقبمت بذلك شبكة ربط هيدروليكية وأصبحت مياه الخزائن شديدة الملوحة أصلاً ، غلبه بدرجة كافية ابتداء من عام 1983 لتكون صالحة للري . وكان من الممكن أن تحقق تنمية زراعية غير مالوفة فيما بين النهرين لولا توقف العمل في إنجازها وتمير جزء كبير من مرافق العراق الهيدروليكية بسبب حرب الخليج .

6- القانون الدولي والمشاكل المائية :

يدور النزاع حول الماء بين دول حوض دجلة والفرات الثلاث وذلك حول الوضع القانوني للنهرين الذي يحدد أصلاً كيفية تقاسم المياه المتاحة . الفرات ودجلة ليسا نهرين دوليين بالنسبة لتركيا لان اى منهما لا يصلح للملاحة على مدى طوله ، ويستند هذا الوضع الى إعلان هلسنكي الصادر عند رابطة القانون الدولية الذي يقرر أن النهر الدولي " يكون صالح للملاحة ويربط دولتين على الاقل بالبحر " والأنهار الدولية وحدها هي التي تستدعى إنفاذاً مسبقاً بين الدول التي يمر بها النهر وإذا فإن تركيا تعتبر نفسها حرة في استخدام مياه النهرين كما يروق لها دون أن تطلب مقدماً موافقة الدولتين اللتين يمر بهما الجزء السفلى من النهر .

وتحاول كل من سوريا والعراق من جانبها ترجيح المصافة الدولية اعتماداً على الشق الآخر من التعريف ، الا وهو أن النهرين يمران بأكثر من دولتين ويربطهما جميعاً بالبحر (الخليج العربي - الفارسي) كما انهما صالحان للملاحة لمسافات طويلة. وتطالب الدولتان بتوزيع منصف ونهائي لمياه النهرين وترفض تركيا الأقوى عسكرياً واقتصادياً من الدولتين أسفل النهر (سوريا ، العراق) أي فكرة تدعو إلى عقد معاهدة نهائية تلزمها إلى مالا نهائية. أو تقتضي بالقرارات ترتيبات مؤقتة . وهكذا الحق الفشل الزريع بكل محاولات التفاوض خاصة محاولات 1962 ، 1980 ، 1992 وكان الالتزام الوحيد الذي ارتضته لجنة هو السماح بتصرف متوسط قيمته 500 متر مكعب في الثانية من مياه الفرات ، بمقتضى بروتوكول وقّعه في عام 1987 مع كل من سوريا والعراق ومنذ أن تم بناء سد اتاتورك لم تعد تركيا تراعى هذا البروتوكول رغم تواضعه .

الباب الأول

الموارد المائية في الوطن العربي

الفصل الثاني

مياه الأمطار والسيول والمياه الجوفية في الوطن العربي

أولاً : مياه الأمطار والسيول

ثانياً : المياه الجوفية

الفصل الثاني

مياه الأمطار والسيول والمياه الجوفية في الوطن العربي

أولاً : مياه الأمطار والسيول :

تقع أغلب أراضي الوطن العربي في المنطقة الجافة وشبه الجافة التي يقل معدل سقوط الأمطار فيها عن 300 ملليمتر سنوياً، فإذا كان نجاح الزراعة بنسبة 66% مرتبطاً بمعدل سقوط الأمطار لا يقل عن 400 ملليمتر سنوياً على أن يكون موزعاً بصورة منتظمة، وتقبل هذه النسبة مع انخفاض معدل سقوط الأمطار ما بين 250-400 ملليمتر، إما إذا قل معدل سقوط الأمطار عن 250 ملليمتر عندئذ فلا مجال إلا للرعى . لذلك فإن التقدير الذي يذهب إلى تحديد نسبة الأمطار التي يمكن الاستفادة منها ب 15% على مستوى الوطن العربي يبدو الأقرب إلى الصحة .

ولكن يتراوح معدل سقوط الأمطار من 1500 ملليمتر سنوياً في بعض المناطق مثل مرتفعات اليمن الشمالية ولبنان والمغرب والجزائر وتونس والسودان، إلى نحو 200 ملليمتر شمال مصر وإلى 5 ملليمتر شمال السودان وليبيا ، وما يعكس إنحرافاً كبيراً عن المتوسط (300ملليمتر سنوياً) سواء كان هذا الانحراف سلبياً أو إيجابياً .

وإذا قسمنا الوطن العربي إلى أقاليم نجد أن كمية الهطول الإجمالية البالغة 223 مليار متر مكعب سنوياً موزعة على النحو التالي .

- 9.6% في أقاليم شبه الجزيرة العربية من الهطول الكلي (السعودية - الكويت - الإمارات - البحرين - قطر - عمان) وتقع معظم هذه الأمطار على سلسلة جبال البحر الأحمر وخليج عدن وجزء من الخليج العربي وخليج عمان .
- 7.8 % في أقاليم المشرق العربي من الهطول الكلي (العراق - سوريا - لبنان - فلسطين - الأردن)
- 23.4% في أقاليم المغرب العربي من الهطول الكلي (ليبيا - تونس - الجزائر - المغرب - موريتانيا) .

- 59.2% في المنطقة الوسطى من الهطول الكلي (مصر - السودان - الصومال - جيبوتي) ويقع معظم هذه الأمطار على الجزء الجنوبي من السودان وحصة مصر حوالي 1.5 - 2 مليار متر مكعب سنوياً .

ثانياً الخزانات الجوفية : (Grown water Aquifers)

الخزان الجوفي هو طبقة أو عدة طبقات من التربة حاملة للمياه الجوفية كما يسمح لهذه المياه بالحركة طبقاً لنفاذية طبقات التربة الحاملة للمياه . الخزان الجوفي أما أن يكون متجدداً أى أنه تتم التغذية للخزان المستمر بالمياه من المصادر السطحية سواء كانت المجارى السطحية أو مياه الأمطار والسيول ، وقد تحدث التغذية أيضاً من خزان جوفي مجاور . الخزان الجوفي المتجدد لا ينجم عن استثمار هبوط ملحوظة من منسوب المياه الاستاتيكي عدا في حالة زيادة معدل السحب عن معدل التغذية أما الخزان الجوفي الغير متجدد والذي يحتوى على مياه لحفورية (fossil) غير متجددة ويترتب على استثمار هبوط مستمر في منسوب المياه الاستاتيكي مع زيادة معدل الضخ . ومن أمثلة الخزان الجوفي الأحفوري ذلك الواقع في إقليم شبه الجزيرة العربية والصحراء الكبرى نظراً لوقوعه في المنطقة الجافة من الوطن العربي ومقدار تغذيته ضعيفة . والآتى البيانات المتاحة عن الخزانات الجوفية .

الخزانات الجوفية في المنطقة العربية :

1. العرق الغربي الكبير : ويقع جنوب سلسلة جبال أطلس في الجزائر ويتغذى من مياه الأمطار التي تهطل على سلسلة الجبال الشمالية . وتبلغ مساحته 330 كيلو متر مربع وحجم المخزون به 1.5 مليار متر مكعب ويتغذى طبيعياً بنحو 0.5 مليار متر مكعب سنوياً .
2. الخزان الجوفي الساحلى في المغرب على ساحل البحر الأبيض ويسمى خزان جوفي ساحلي مارتيل (Martil) ويشغل مساحة 80 كم² . حوض المارتيل مستوى طيوغرافيا وبه نهران هما هر مارتيل للرئيسي ونهر اليلأ (Allia) .
3. العرق الشرقي الكبير : وهذا يقع شرق للعرق الغربي الكبير والجهة الشرقية منه تتاخم الحدود بين الجزائر وتونس وتبلغ مساحته 375 كم² وحجم المخزون به 1.7 مليار متر مكعب ويتغذى طبيعياً بنحو 0.6 مليار متر مكعب سنوياً .

4. خزان تزرزوفت : ويقع جنوب حوض العرق الغربي الكبير بالجزائر ومساحته 240 كم² وحجم المخزون به 0.4 مليار متر مكعب ويتغذى طبيعياً بنحو 20 مليون متر مكعب سنوياً .

5. خزان قزان : ويقع في الجزء الجنوبي الغربي من ليبيا . ومساحته 175 كم² وحجم المخزون به 0.4 مليار متر مكعب ويتغذى طبيعياً بنحو 60 مليون متر مكعب .

6. الخزانات الجوفية في مصر :

أ - خزان جوفى الحجر الرملي النوبي ويشغل حوالي 30% من مساحة مصر ويقع بين مصر وليبيا وتشاد والسودان وطاقته للتخزينية كبيرة حيث تبلغ أكثر من 6000 مليار متر مكعب ومعظم مياهه أحفوريه وغير متجددة وإن كان يتغذى سنوياً بحوالى 1.5 مليار متر مكعب لليبيا ، 1/2 مليار متر مكعب للسودان .

ب - الخزان الجوفى الساحلى ويقع على السواحل الشمالية للبحر الأبيض المتوسط والسواحل البحرية الغربية للبحر وخليجى السويس والعقبة. ويوجد فى شكل جيوب محليه منتشرة فى المناطق الساحلية والسماك الكلى للطبقة الحاملة للمياه حوالى 40 متر. المياه الجوفية عموماً تكون فى شكل عدسات سابعة فوق مياه البحر . وتتوقف التغذية للخزان الجوفى على سقوط الأمطار المحلية ، والسحب يتم أما بالبحر أو للتدفق الى البحر وكذلك بواسطة الآبار الرومانية والسرانديب (Galleries). السحب الكلى بالآبار يبلغ حوالى 0.8 مليون متر مكعب فى العام .

ج - خزان جوفى المغرة : يشمل هذا الخزان معظم المنطقة غرب الدلتا وجنوب مخفض للقطارة ، ومساحته الكلية حوالى 2000 كم² ويمتد كذلك إلى غرب الفيوم وشمال الواحات البحرية . المياه الجوفية عموماً تحت ظروف شبه محصورة (Semi confined) وسماك طبقة التشبع ما بين 800 إلى 1000 متر. السعة التخزينية حوالى 800 مليار متر مكعب منها 100 مليار مياه عذبة .

د - خزان جوفى الكربونات : تغطى للكربونات أكثر من 50 % من المياه السطحية للصحراء الشرقية والغربية ، مع الوجود فى أماكن قليلة من سيناء . ويتخلل مقطع الكربونات طبقات من المحار والحجر الصلب . تكثر بهذه

التكوينات للشقوق ولذلك تتكون العيون . لم تتم حتى الآن استكشاف امكانيات هذا الخزان الجوفي .

هـ - خزان جوفى الضخور الصلبة المتشققة : ويوجد فى جنوب سيناء ومنطقة البحر الاحمر وكذلك على سواحل بحيرة المد للعالى وللجزء الجنوبى من الصحراء الغربية . أمكن اصطياد حوالى 100 مليون متر مكعب فى جنوب سيناء . كما توجد احتمالات لخرى فى الصحراء الشرقية ، لعدم توفر الاستكشافات فإن المعلومات غير كافية .

و - خزان جوفى فى الدلتا والوادي (خزان جوفى للنيل) :

يشمل خزان جوفى الدلتا والوادي للمساحة الفيضية للنيل والتخوم الصحراوية شرقا وغربا - - سمك الخزان 300 متر فى الوادي ، 800 متر فى الدلتا وهو خزان متجدد يتم تغذيته من مياه الأمطار ومياه الرى . السعة التخزينية لخزان الوادي 200 مليار متر مكعب ومعدل للتغذية السنوية حوالى 5 مليار متر مكعب . خزان جوفى الدلتا سعته التخزينية حوالى 400 مليار متر مكعب ويبلغ معدل التغذية السنوية 6 مليار متر مكعب والمستغل من خزان الدلتا والوادي هو 7 مليار متر مكعب سنويا من المياه العذبة حيث للملوحة تتراوح ما بين 400 لى 600 جزء فى المليون ..

7- خزان جوفى للدمام :

وهو خزان جوفى شبه محصور وهو المصدر الوحيد للمياه الطبيعية العذبة فى البحرين حيث يمدّها بحوالى 68% من احتياجاتها المائية . خزان جوفى للدمام هو جزء صغير للخزان الجوفى الاقليمى المسمى الخزان الجوفى العربى الشرقى والذى يمتد من وسط للسعودية حتى مياه الخليج العربى شاملا للبحرين والكويت وجنوب قطر .

8 - خزان جوفى حضرموت : وهو خزان ذو إمكانيات محدودة حيث نحو 30% من مياهه رديئة النوعية .

9 - حوض الأزرق : ويشغل مساحة 13 ألف كم² كلها فى الأردن وتقدر التغذية السنوية له بـ 20 مليون م³ .

10 - حوض عمان - الأردن : مساحته 850 كم² وتقدر التغذية السنوية له بنحو 35 مليون م³.

11 - السودان : تغطي الخزانات الجوفية في السودان حوالي 50% من مساحته حيث توجد الخزانات الجوفية الآتية :

- خزانات جوفية الحجر الرملي للنوبي ويشغل 28% من مساحة السودان .
- خزان جوفي روابا والجزيرة .
- خزانات جوفية وادي قل الغريتي .

يعتمد أكثر من 80% من السكان على المياه الجوفية في السودان .

السعة التخزينية للخزانات الجوفية في السودان بالمليون م³

الجزء الجوفي	السعة التخزينية بالمليون م ³	التغذية السنوية بالمليون م ³	السحب السنوي بالمليون م ³
خزان الحجر الرملي للنوبي	503000	1000	700
خزانة أم روابا الجزيرة	60000	600	150
الخزان الجوفي الغريتي	1000	375	160
الإجمالي	564000	1975	1010

الباب الأول

الموارد المائية في الوطن العربي

الفصل الثالث

الموارد المائية الحالية والمستقبلية لدول الوطن العربي

- 1 - مقدمة
- 2 - دول حوض النيل [مصر - السودان]
- 3 - دول شبه الجزيرة العربية [اليمن - السعودية - الكويت - قطر - البحرين - الامارات - عمان] .
- 4 - دول المغرب العربي [ليبيا - تونس - الجزائر - المغرب] .
- 5 - دول المشرق العربي [لبنان - سوريا - الاردن - العراق] .

الفصل الثالث

الموارد المائية الحالية والمستقبلية في دول الوطن العربي

1 - مقدمة :

الموارد المائية تشمل الموارد المائية التقليدية وهي المياه السطحية والجوفية المتجددة والمياه الغير تقليديه وهي مياه للتحلية للمياه المالحة ومياه المعالجة للصرف الصحي والصرف الصناعي والمياه الجوفية الغير متجددة . سيتم التقدير للموارد التقليدية المضافة (المحلاة) فقط مع الإشارة إلى الموقف المائي حالياً (عام 2000) حتى عام 2025 ، وكذلك عدد السكان الحالي والمستقبلي ونصيب الفرد من المياه في العام .

حدود الوفرة المائية من الموارد المائية للفرد في العام هي 1000 متر مكعب وذلك بناءاً على أطروحة فوكنمارك (للعالم السويدي) وإن كان قد حدد 500 متر للفرد في العام كحد مناسب للمناطق شبه القاحلة ومنها بطبيعة الحال معظم دول الوطن العربي وخاصة دول شبه الجزيرة العربية . ولكن برنامج الأمم المتحدة للبيئة قد حدد 1000 متر مكعب كحد أدنى لنصيب الفرد من الموارد المائية ، وعلى هذا الأساس فإن حد الوفرة المائية للفرد في العام هو 1000 إلى 500 متر مكعب في العام وحد للفقر المائي أقل من 500 متر مكعب للفرد في العام .

2 - دول حوض النيل :

أ - مصر :

يبلغ تعداد السكان الحالي في مصر حوالي 72 مليون نسمة (عام 2005) ومن المحتمل أن يصل تعداد السكان عام 2025 إلى حوالي 100 مليون نسمة .

الموارد المائية الحالية في مصر تتمثل في حصة مصر من إيراد نهر النيل وهي 55.5 مليار متر مكعب في العام ومن المتوقع أن تصل إلى 57.5 مليار متر مكعب بعد تنفيذ مشروع جونقلي . ويبلغ استخدام مصر من المياه الجوفية حالياً 7.12 مليار متر مكعب (منها 5.5 مليار من خزان جوفي في الدلتا والوادي ، 0.06 مليار من الخزانات الساحلية ، 0.06 مليار من خزان جوفي للمغرة ، 1.5 مليار من خزان

حوض الحجر الرملي النوبي . ومن المتوقع أن يزداد السحب من المياه الجوفية في عام 2025 ليصل إلى 10.35 مليار متر مكعب (منها 7.5 مليار من خزان جوفي الدلتا والوادي ، 0.08 مليار من الخزانات الجوفية الساحلية ، 0.08 مليار من خزان جوفي الغرة ، 2.65 مليار من خزان جوفي الحجر الرملي النوبي. بالنسبة لمياه الصرف المعالجة فالمستخدم حالياً 12.7 مليار متر مكعب (منها 12.5 مليار من مياه الصرف الزراعي ، 0.2 مليار من مياه الصرف الصحي والصناعي وفي عام 2025 سيزداد استغلال مياه الصرف المعالجة بعد تحسين نوعيتها ليصل إلى حوالي 18.4 مليار متر مكعب (منها 16.4 مليار متر مكعب من مياه الصرف الزراعي ، 1.9 مليار متر مكعب من مياه الصرف الصحي والصناعي. أما بالنسبة لمياه الأمطار والسيول فهي حالياً تقدر بحوالي 0.5 مليار متر مكعب ويتوقع أن تصل إلى 1.5 مليار متر مكعب في عام 2025 بعد تطوير أساليب وتجهيزات حصد مياه الأمطار والسيول. مياه التحلية حالياً 0.03 مليار متر مكعب وفي عام 2025 ستصل إلى 0.25 مليار متر مكعب .

اجمالي الموارد المائية الحالية للتقليدية والمضافة هي 63.15 مليار م³ وفي عام 2025 ستصل إلى 69 مليار متر مكعب .

نصيب الفرد من الموارد للمائية في عام 2005 هو حوالي 860 متر مكعب في العام وإن كان هذا لا يحقق طموحات مصر في التوسع في الأراضي الزراعية خارج حدود الوادي القديم ، إلا أنه في حدود الندرة المائية .

وفي عام 2025 مع وصول عدد السكان إلى حوالي 100 مليون نسمة : فسيكون نصيب الفرد في العام 683 متر مكعب في العام أي في حدود الندرة المائية كذلك ولكن قريباً من حدود الفقر المائي.

ب - السودان :

يبلغ عدد السكان الحالي في السودان (لعام 2000) حوالي 33 مليون نسمة وقد يصل إلى 55 مليون نسمة عام 2025 ، اجمالي الموارد للمائية في السودان 22.3 مليار متر مكعب كلها من الموارد السطحية والجوفية منها 18.5 حصة السودان من مياه النيل ، 3.3 مليار من الوديان الموسمية ، 0.5 مليار من الخزانات الجوفية . ويبلغ نصيب الفرد حالياً (لعام 2000) حوالي 890 متر والإضافة الوحيدة المحتملة لموارد

السودان هي 2 مليار متر مكعب بعد تنفيذ مشروع قناة جونجلي حيث تصبح الموارد المائية 24.5 مليار وفي عام 2025 حيث عدد السكان 55 مليون يصبح نصيب الفرد 440 متر مكعب في العام . ولكن يمكن تجاوز هذا الحد بكثير في حالة استغلال مياه الخزانات الجوفية والتي تشغل أكثر من 50% من مساحة السودان .

3 - دول شبه الجزيرة العربية :

أ - اليمن :

يبلغ عدد سكان اليمن 16 مليون نسمة وذلك في عام 2000 ويقدر إجمالي الموارد المائية ب 5.2 مليار متر مكعب سنوياً ، وتغطي هذه الكمية الاحتياجات المائية الحالية والتي تبلغ 2.56 مليار متر مكعب لأغراض الشرب والاستخدام المنزلي ، 0.8 مليار متر مكعب للأغراض الصناعية . ويبلغ نصيب الفرد سنوياً من الموارد المائية 325 متر مكعب وهو في مستوى الفقر المائي (أقل من 500 م³ للفرد في العام) .

كل مصادر المياه في اليمن من المصادر التقليدية ، وتمثل الأمطار (الموارد السطحية) المصدر الرئيسي الأول بينما تمثل المياه الجوفية المتجددة المصدر الثاني. الجزء الجنوبي من اليمن أفقر مائياً من جزئها الشمالي ، وذلك لضاعطة هطول الأمطار هناك مقارنة بالجزء الشمالي ، لا توجد أنهار في اليمن والمصادر السطحية هي حصص لمياه الأمطار والسيول .

وفي عام 2025 سيصل تعداد السكان في اليمن إلى حوالي 35 مليون نسمة وسينخفض نصيب الفرد إلى حوالي 140 متر مكعب في العام .

ب - السعودية :

تشير بيانات عام 2000 أن تعداد السكان في السعودية هو 21 مليون نسمة ويبلغ إجمالي الموارد المتاحة 6.75 مليار متر مكعب منها 3 مليار متر مكعب من الخزانات الجوفية ، 1.45 مليار متر مكعب من مياه الأمطار والسيول التي تجري في الأودية الجافة لمدة قصيرة أو طويلة تبعاً لكثافة الأمطار وتكرار حدوثها، 1.5 مليار متر مكعب من مياه التحلية ، 0.7 مليار متر مكعب من المياه المعالجة والتي تستخدم في الزراعة . ويصل نصيب الفرد إلى 340 متر مكعب في العام .

وفي عام 2025 من المتوقع أن يصل عدد السكان إلى 43 مليون نسمة وينخفض نصيب الفرد من الموارد المائية ليصل إلى حوالي 170 متر مكعب في العام .

ج - الكويت :

يبلغ عدد السكان في الكويت حوالي 3 مليون نسمة (عام 2000) والمتوقع أن يزيد إلى حوالي 4 مليون نسمة (عام 2025) .

لا يتوافر في الكويت أي مصادر سطحية للمياه ، وتعتبر المياه الجوفية المصدر الطبيعي الوحيد الذي يمكن استغلاله . وتنقسم المياه الجوفية إلى مياه عذبة تستخدم للشرب وللإستخدام المنزلي ومياه قليلة الملوحة تستخدم للزراعة وسقاية الأغنام . وكذلك تستخدم المياه المالحة في إستخدامات أخرى . المياه الجوفية توجد في خزانات جوفية مجموعة الكويت وتكوين للامع الجيري .

وتعتمد الكويت على تحلية مياه البحر كمصدر أساسي للمياه العذبة حيث تبلغ السعة الإنتاجية الحالية لمحطات التحلية حوالي مليار متر مكعب سنوياً. ويتم الحصول على المياه العذبة بخلط المياه المقطرة بالمياه الجوفية قليلة الملوحة .

وتبلغ كمية المياه الجوفية حوالي 0.5 مليار متر مكعب سنوياً ومياه التحلية حوالي 1 مليار متر مكعب ليصبح الإجمالي 1.5 مليار متر مكعب. نصيب الفرد من المياه في الكويت في 2000 هو 500 متر مكعب سنوياً ينخفض إلى 370 متر مكعب عام 2025 .

د - قطر :

يبلغ عدد السكان في قطر حوالي 0.33 مليون نسمة (عام 2000) وقد يصل إلى حوالي 0.39 مليون نسمة عام 2025 .

تتمثل الموارد المائية في قطر في المياه الجوفية من خزانات جوفية الإقليم الشمالي والإقليم الجنوبي . مياه خزان جوفى الإقليم الشمالي عذبة ، الإقليم الجنوبي غير جيدة . تقدر التغطية للخزان الجوفى الشمالي بحوالى 11% من المتوسط السنوي لسقوط الأمطار .

المياه المحلاة يبلغ إنتاجها السنوي 195 ألف م³ / اليوم . تقدر مياه الصرف المعالج بحوالى 60 ألف م³ / اليوم .

الموارد المائية تكفي لقطر حالياً وحتى عام 2025 حيث تنور بمعدل 275 متر مكعب في اليوم حالياً وتنخفض إلى 225 متر مكعب / اليوم عام 2025 ، وهذه تكفي للشرب والاستخدام المنزلي.

هـ - البحرين :

عدد سكان البحرين حوالي 0.40 مليون نسمة (عام 2000) وقد يصل إلى 0.41 مليون نسمة (عام 2025) .

تعتمد البحرين في الحصول على المياه لثلبية الأغراض المختلفة على المياه الجوفية ومياه التحلية والمياه المعالجة ، ويندر وجود مورد للمياه السطحية في البحرين ذلك بسبب الشكل العام لتضاريس مستجمعات لمياه الأمطار بالإضافة إلى ندرة سقوطه وعدم انتظامه . ولكن تعد المياه الجوفية هي المصدر الرئيسي من بين المصادر الثلاثة ، حيث الخزانات الجوفية هي خزان العلات ، الخير ، لم للراضومة .

إما المياه المعالجة فإنها تنتج من محطة تويلى بطاقة 174 ألف م³ / اليوم ، واستخدامها أساساً للزراعة .

لقد تطورت شبكة المياه في البحرين إلى أن أصبحت نظاماً متكاملًا يتكون من محطات تحلية ومحطات لضخ مياه جوفية وخطوط نقل ومحطات خلط وشبكات توزيع.

يبلغ نصيب الفرد عام 2000 حوالي 675 متر مكعباً ومن المنتظر زيادة الموارد مع عام 2025 لتصل إلى 780 متر مكعب للفرد .

و - الإمارات العربية المتحدة :

يبلغ عدد سكان الإمارات حوالي 2 مليون نسمة (عام 2000) وقد يصل إلى حوالي 3 مليون نسمة (عام 2025) . وتشمل الموارد المائية في دولة الإمارات الآتي:

1. المياه السطحية : وهي مياه العيون والأودية والافلاج (الفلج شق مائل يحدثه الإنسان في الأرض حتى يصل إلى المياه الجوفية) أما العيون فهي ذات التدفق الطبيعي بدون تدخل الإنسان . وتقدر الافلاج والعيون في الإمارات بحوالي 150، حيث تنتشر على قمة المناطق الشرقية التي تتميز بالافلاج دائمة الجريان ذات النوعية الجيدة للمياه ، المنطقة الشمالية ، المنطقة الغربية التي تضم فلج الذيد

لتعبئة الموارد المائية في الوطن العربي

وهو أهم الاقلاج في دولة الإمارات ، وكذلك توجد العيون والاقلاج في المنطقة الشرقية والمنطقة الجنوبية . وتقدر مياه الأودية بنحو 150 مليون متر مكعب في العام .

2. المياه الجوفية : تشمل أنظمة المياه الجوفية الخزان الجوفي الرسوبي حيث تقدر طاقته التخزينية بنحو 5280 مليون متر مكعب ، ويبلغ حجم تغذيته السنوية حوالي 100 مليون متر مكعب ، خزان جوفي سهل الباطنة الساحلي وإنتاجية أبار هذا الخزان عالية ولكن لم يتم لهذا الخزان الدراسة الهيدرولوجية الكاملة ، ولكن الخزان الكربوني العميق فإن نوعية مياهه رديئة بسبب زيادة مستوى العسر والأملاح المذابة .

3. محطات تحلية مياه البحر وعددها ثمانى وطاقاتها الإنتاجية 232.1 مليون متر مكعب سنوياً .

4. محطات معالجة مياه الصرف الصحي وعددها اربع محطات وطاقاتها الإجمالية 62 مليون متر مكعب سنوياً .

ويبلغ اجمالى الموارد المائية لدولة الإمارات حوالى 1.34 مليون متر مكعب سنوياً ومن المحتمل ان تقل هذه الموارد بسبب الاستغلال الجائر للمياه الجوفية وبالتالي سينخفض نصيب الفرد لهذا السبب وبسبب زيادة عدد السكان وزيادة الأنشطة للتنمية. يصل نصيب الفرد في عام 2000 حوالى 400 متر مكعب في العام وفي عام 2025 قد يصل الى 425 متر مكعب في العام بزيادة إمكانيات تحلية المياه المالحة .

ز - عمان :

يبلغ عدد سكان عمان 2 مليون بسمة (عام 2000) وقد يصل الى 3 مليون نسمة (عام 2025) . وتمثل للموارد المائية في سلطنة عمان فى الآتى :

1. الموارد المائية السطحية التي تعتبر قليلة تشمل التدفقات الدائمة فى بعض الاحباس العليا من الأودية الواقعة فى جبال شمال عمان .

2. الموارد المائية الجوفية حيث عدد من الخزانات الجوفية ذات التربة الحاملة للرطوبة والكلية .

3. الموارد غير التقليدية وتمثل فى مشروع تحلية مياه البحر والذي يغطى إنتاجه 80% من استخدامات العاصمة .

لتبعة الموارد المائية في الوطن العربي

ويبلغ نصيب الفرد في عام 2000 حوالي 340 متر مكعب في العام وفي عام 2025 سينخفض إلى حوالي 240 متر مكعب في العام .

ولكن يمكن زيادة الموارد المائية السطحية ، وكذلك زيادة الموارد الجوفية وذلك في حالة الدراسة الجيدة للإمكانيات المائية في أقاليم مسندم ، والباطنة ، والإقليم الدخلى ، والإقليم الجنوبي .

3- دول المغرب العربي :

وتشمل هذه المجموعة كلاً من ليبيا وتونس والجزائر والمغرب :

أ - ليبيا :

عدد السكان في ليبيا حوالي 6 مليون نسمة (عام 2000) وقد يصل إلى حوالي 14 مليون نسمة عام 2025 .

تتكون الموارد المائية في ليبيا من موارد تقليدية وموارد غير تقليدية وتسهم المياه الجوفية بالنصيب الأكبر من هذه الموارد وأغلب المياه الجوفية متجددة . يوجد في ليبيا ستة خزانات جوفية وهي خزانات سهل الحفارة ، حوض مرزوق ، والجبل الأخضر ، وسرت وغرب سرت ، الكفرة ، السرير . وتبلغ نسبة التغذية السنوية لهذه الخزانات الجوفية 4,655 مليار مترا مكعب سنوياً بسحب منها 2,207 مليار متر مكعب . كما تقوم ليبيا باستغلال خزان جوفي الحجر الرملي النوبي في الجنوب الشرقي بحوالي واحد مليار متر مكعب سنوياً . ويستهلك التوسع الزراعي حوالي 82% من جملة إنتاج المياه الجوفية .

بالنسبة للمياه السطحية فهي تساهم بنسبة قليلة وذلك لعدم توافر إمكانيات الحصد لمياه الأمطار في الأودية لعدم انتظامها وعدم توفر السدود .

يوجد في ليبيا ثلاث عيون رئيسية هي الزيانة (90 مليون م³) ، تاورنماء (60 مليون م³) ، كحام (11 مليون م³) .

وبالنسبة للمصادر غير التقليدية فإن ليبيا لديها 15 محطة تحلية موزعة على الساحل الليبي إجمالى إنتاجها السنوي 110 مليون متر مكعب ، وكذلك 23 محطة تنقية ومعالجة لمياه الصرف طاقاتها 140 مليون متر مكعب .

يمكن زيادة الموارد المائية في ليبيا بزيادة إمكانيات تحلية مياه البحر بالإضافة الى حوالي 60000 متر مكعب من المياه زيادتها عن طريق إنشاء السدود لتجميع المياه السطحية .

يبلغ نصيب الفرد السنوي من المياه في ليبيا عام 2000 حوالي 650 متر مكعب في العام ، ويصل الى 324 متر مكعب عام 2025 .

ب - تونس :

عدد سكان الجمهورية التونسية حوالي 10 مليون (عام 2000) وقد يصل الى 14 مليون عام 2025 .

تتمثل الموارد المائية في تونس من الآتي :

1. الموارد السطحية حيث يتميز الشمال بأهم مجارى المياه السطحية ذات التدفق المستمر طوال العام ، وتتصف المنطقة الوسطى بالجفاف ، كما توجد أودية سطحية في الجنوب وهي موسمية حيث ينحصر الجريان السطحي في مجارى الأودية المنحدرة من جبال مطماطة .

2. يتميز شمال ووسط تونس بالخرزانات الجوفية ذات الامتداد المحدود بينما يتميز الجنوب بالخرزانات الجوفية الممتدة وإن كانت ضعيفة التغذية .

لهذا فإن كل موارد المياه في تونس هي موارد تقليدية حيث يصل المستغل الى حوالي 450 متر مكعب وقد ينخفض الى حوالي 320 متر مكعب عام 2025 .

ج - الجزائر :

يبلغ عدد سكان الجمهورية الجزائرية حوالي 33 مليون نسمة (عام 2000) وقد يصل الى حوالي 50 مليون نسمة عام 2025 .

1. الموارد السطحية : وهذه تضم 17 حوضاً مائياً تقع ضمن ثلاث مجموعات ، الأولى هي الأحواض التابعة للبحر المتوسط ، والثانية أخواض السهول العليا ، والثالثة الأحواض الصحراوية ، وتضم هذه الأحواض للثلاث 12.7 مليار متر مكعب سنوياً .

2. الموارد الجوفية : وهي في خزانات جوفية شمال الجزائر المتجددة وكذلك خزانات جوفية المناطق الصحراوية (ضعيفة التغذية) . والسحب السنوي من هذه الخزانات حوالي 3.9 مليار متر مكعب سنوياً .

تغطي الموارد المائية للجزائر حوالي 17 مليار متر مكعب سنوياً ومصدر المياه الرئيسي هو مياه الأمطار ثم المياه الجوفية .

نصيب الفرد في الجزائر يزيد عن 500 متر مكعب في العام وقد يقل إلى 350 متر مكعب عام 2025 .

د - المغرب :

عدد سكان المملكة المغربية حوالي 30 مليون نسمة (عام 2000) وقد يصل إلى حوالي 45 مليون نسمة عام 2025 .

تتمثل الموارد المائية في المغرب في الآتي .

أ - الموارد السطحية : وهي تمثل 75% من مجموع الموارد المائية والتي تصل إلى 28 مليار متر مكعب في العام وهذه الموارد السطحية موزعة على أحواض هي أحواض البحر المتوسط ، الأحواض الأطلنطية الشمالية والأحواض الصحراوية ، وهذه المياه السطحية تجري في وديان وأنهار مثل نهر أم الربيع ونهر بورقراق ونهر مېوهيت ، تقع هذه الأنهار إلى الشمال الغربي من جبال أطلس .

ب - الخزانات الجوفية توجد في منطقة اليرين ومنطقة الأطلنطي ومنطقة المغرب الشرقي ومنطقة الصحراء، وتبلغ إكثانيات السحب السنوي من هذه الخزانات حوالي 5 مليار متر مكعب سنوياً والمستغل منها هو 2.55 مليار متر مكعب.

ويبلغ نصيب الفرد السنوي من المياه حوالي 875 متر مكعب في العام وقد يصل إلى حوالي 600 متر مكعب في العام وذلك عام 2025 بسبب زيادة السكان وزيادة الأنشطة للتنمية .

4 - بلدان الشرق العربي :

أ - لبنان :

تعداد السكان في لبنان حوالي 4 مليون نسمة (عام 2000) وقد يصل عدد السكان إلى حوالي 6 مليون نسمة عام 2025 . حاليا وحتى عام 2025 ستظل موارد المياه في لبنان ثابتة ، يستمد لبنان مياهه من مجموعة من الأنهار الداخلية حيث توفر له 4 مليارات متر مكعب في العام ، وهذا بالإضافة إلى إسهامات المياه الجوفية المتجددة بحوالي 0.6 مليار متر مكعب في العام . توجد اختلافات في تقديرات موارد المياه في لبنان بين بعض الخبراء ، ولكن الوضع المائي في لبنان وإن كان في الوضع الحالي يصل إلى حوالي 800 متر مكعب للفرد إلا أن معدل 500 متر مكعب في عام 2025 يجعل لبنان في وضع مائي لمن إلى حد كبير .

ب - سوريا :

تعداد السكان في سوريا حوالي 18 مليون نسمة (عام 2000) وقد يصل التعداد إلى حوالي 35 مليون نسمة عام 2025 . تتمثل المصادر المائية في سوريا من المياه السطحية من الأنهار دائمة التدفق سواء المشتركة (دجلة والفرات والعاصى وغفرين واليرموك وقوين ، جفجف والكبير الجنوبي) أو الأنهار الدخلة (الخابور ، البليج ، السن) وكذلك الأنهار غير دائمة التدفق والتي تجري فيها المياه لمدة لا تزيد عن أربعة أشهر في السنة .

تتوافر في سوريا مجموعة من الخزانات الجوفية . تبلغ الموارد المائية في سوريا حوالي 55 مليار متر مكعب في العام وإن كانت احتياجاتها لا تزيد عن 10 مليار متر مكعب ولا يتوقع ظهور ندرة مائية في سوريا حتى عام 2025 .

ج - الأردن :

يبلغ تعداد الأردن حوالي 5 مليون نسمة (عام 2000) وقد يصل التعداد إلى حوالي 10 مليون عام 2025 .

تتمثل الموارد المائية للأردن في المياه السطحية للأنهار والأودية دائمة الجريان والتي ترجع إلى تصريف المياه الجوفية عبر الينابيع بالإضافة إلى ما تضيفه الأمطار وخاصة في فصل الشتاء .

المياه الجوفية تتمثل فيما يعرف بالنظام المائي العميق الذي يتكون من ثلاثة انظمه جوفيه ، واستغلال هذا النظام غير اقتصادي أما نظام الحجر الجيري الصواني فإن مياهه تستغل لجودتها وقلة عمقها وكذلك يستغل خزان جوفي نظام الصخر البازلتى فى شرق الأردن الذى يتغذى من الأمطار التى تسقط على جبل العرب فى سوريا . وكذلك تستغل رواسب الأودية مثل وادي عربة ووادي الأردن .

نصيب الفرد من المياه فى الأردن متدنى للغاية حيث يصل إلى حوالى 176 متر مكعب فى العام وسيصل إلى حوالى 90 متر مكعب بحلول عام 2025 .

د - العراق :

تعداد سكان العراق حوالى 26 مليون نسمة (فى عام 2000) وقد يصل تعداد السكان إلى حوالى 48 مليون نسمة عام 2025 .

تتمثل الموارد المائية فى العراق إلى الآتى :

1. المياه السطحية : والتى تقدر بحوالى 106 مليار متر مكعب فى العام منها 80 مليار متر مكعب يحملها كلا من نهري دجلة والفرات .
 2. المياه الجوفية : حيث توجد فى العراق خمسة خزانات جوفية منها (بختياري - فارس الأعلى - الفرات الجيرى - الامام - أم الرضومة) .
- يبلغ اجمالى الموارد المائية المستغلة فى العراق 42.56 مليار متر مكعب معظمها مياه سطحية (41.35 مليار متر مكعب) ، يمكن زيادة الموارد المائية إلى أقصى المتاح منها وهو 67.6 مليار متر مكعب .
- الموارد المائية فى العراق تغطى متطلباته وإن كانت لا تحقق هذا المعدل مع تزايد عدد السكان بحلول عام 2025 .

جدول يوضح تقييم الموارد المائية في دول الوطن العربي :

الدولة	التاريخ	كمية المياه للفرد في العام بالترتيب المعكوب		
		الاستقرار المائي	الندرة المائية	الفقر المائي
1	2	1000م ³ وأكثر	من 500-1000م ³	أقل من 500م ³
		3	4	5
مصر	2000	—	860	—
	2025	—	683	—
للسودان	2000	—	890	—
	2025	—	—	440
اليمن	2000	—	—	أقل من 500
	2025	—	—	140
للسعودية	2000	—	—	340
	2025	—	—	170
للكويت	2000	—	500	—
	2025	—	—	370
قطر	2000	—	—	275
	2025	—	—	225
البحرين	2000	—	675	—
	2025	—	780	—
الإمارات	2000	—	—	400
	2025	—	—	425
عمان	2000	—	—	340
	2025	—	—	240
ليبيا	2000	—	650	—

324	—	—	2025	
450	—	—	2000	تونس
320	—	—	2025	
—	500	—	2000	الجزائر
350	—	—	2025	
—	785	—	2000	المغرب
—	600	—	2025	
—	800	800	2000	لبنان
—	500	500	2025	
—	—	أكثر من 1000	2000	سوريا
—	—	أكثر من 1000	2025	
—	176	—	2000	الأردن
—	90	—	2025	
—	—	أكثر من 1000	2000	العراق
—	—	أكثر من 1000	2025	

الباب الأول

الموارد المائية في الوطن العربي

ملحق الباب الأول

ملحق الباب الاول

القانون الدولي ومياه النهر المشتركة

لا يوجد في الوقت الحالي قانون مقبول من جميع الدول ينظم استخدام مياه الأنهار الدولية وأن كانت هناك اتفاقية مثل هذا القانون لقرتها الجمعية العامة للأمم المتحدة في دورتها الحادية والخمسين (مايو 1997) دعت فيها الدول والمنظمات الإقليمية للتكامل الاقتصادي للتوقيع عليها ولتصبح إطاراً فيها وهو الأمر الذي لم يحدث حتى الآن (عام 2001) فقد وجدت أغليبتها أن في بعض موادها ما يمكن أن تعترض أو ما يمكن أن يخلل اتفاقيتها القائمة والتي تحوش في ظلها ، وفصلت معظم الدول أن تعيش مع القواعد العامة التي كانت قد وضعتها رابطة القانون الدولي (International Low Association) وأقرتها في اجتماعها الذي عقد بمدينة هلسنكي في صيف 1969 وقبلتها معظم الدول وكانت الأساس الذي بنيت عليه اتفاقية قانون استخدام المجارى المائية الدولية في غير الأغراض الملاحية الذي أقرته الجمعية العامة للأمم المتحدة في سنة 1997 بعد أن أضيف إليها فصل جديد يتعلق بمنع تلوث هذه المجارى المائية والحفاظ على بيئتها . ومن أهم القواعد التي تم الاتفاق عليها في هلسنكي ونقلت بالاتفاقية الجديدة هو حق كل دولة متشاطئة للمجرى المائي في الحصول على نصيب معقول ومنصف من مياهه ، وتعتبر هذه القاعدة من أهم المبادئ التي أدخلت على قواعد توزيع مياه المجارى المائية الدولية حيث حلت محل مبدأ هارمون الذي كان سائداً لمدته طويلة والذي كان يعطى للدولة السيادة الكاملة على الأنهار التي تمر فيها ، وحققا في استخدام مياهه بالطريقة التي تراها صالحة دون النظر إلى مصالح الدول المنشأ طئمة الأخرى ، وتطبيق هذا المبدأ يجد صعوبة كبرى فعلى الرغم من قبول الدول له إلا أن التطبيق العملي يثبت إن الكثير منها لا تعيره اهتماماً حتى وإن جاءت تصريحات المسؤولين فيها بغير ذلك ' ومثال ذلك ما فعلته شيلي في نهر لوكا الذي ينبع في جبالها ويذهب إلى بوليفيا ' وما فعلته تركيا في نهري دجلة والفرات اللذان ينبعان منها ويمران بسوريا والعراق ، وكذلك ما فعلته إسرائيل في نهر الأردن وهي دولة مصب . حيث فرضت على دول المنبع تحويل مياه النهر إليها . ومن العوامل التي تضمنتها قواعد هلسنكي لتحديد أنصبة دول

الحوض فى مياه النهر جغرافيه الحوض وهيدرولوجيته ومناخه وكذلك الاستخدام السابق للحوض والاحتياجات الاقتصادية والاجتماعية لكل دولة ، وعدد السكان الذين يعتمدون على مياه النهر وما يتوافر لهم من موارد أخرى ، وغير ذلك من العوامل التى تحتمل للكثير من التفسيرات .

وهناك من يرون أن للتوزيع العادل للمياه ينبغى أن يكون طبقا للإمكانات الزراعية لدول الحوض بصرف النظر عن عدد السكان ، وقد أثر هذا الخلاف عندما كانت مصر والسودان تتفاوضان فى أواخر العشرينات من القرن العشرين بشأن عقد اتفاقية مياه النيل الدولى التى وقعت فى عام 1929 .

وتؤكد قواعد هلسنكى واتفاقية الأمم المتحدة على ضرورة حل المشاكل المتعلقة بتوزيع المياه بين دول الحوض بالطرق السلمية كما ينص على ذلك ميثاق هيئة الأمم ، ومن أجل الإقلال من هذه المشاكل بل منعها أوصت القواعد دول الحوض بتبادل المعلومات الخاصة بالنهر والعمل على تشكيل اللجان المشتركة لإدارة النهر كوحدة واحدة طالما أمكن ذلك ، وأخيرا على ضرورة إبلاغ دول الحوض الأخرى قبل البدء فى تنفيذ أى مشروع قد يؤثر على مياه النهر . ومثل هذا التبليغ يمكن الدول الأخرى من الدخول فى مفاوضات والاتجاه إلى التحكيم قبل أن تتأثر بالمشروع .

5 - الموقف الحالى لاتفاقيات مياه النيل :

بعد تناول الخطوط العامة للاتفاقيات المبرمة بين دول النهر يبدو أنه لا يوجد فى الواقع اتفاق بين دول المنبع والمصب على طريقة توزيع مياه النهر أو رصد أحواله أو تقنين تنفقاته فى مختلف دول الحوض فمعظم الاتفاقيات مع دول الحوض قديمة تمت مع القوى المستعمرة وفى إطار نظام عالمى انتهى ، وبعد استقلال دول الحوض أصبح من الصعب أن تقبل أى دولة مستقلة ألا تكون لها سيادة على أنهارها . وقد أبلغت دول المنبع كلا من مصر والسودان فى مذكرات عديدة عن رفضها الالتزام بما جاء فى المعاهدات والاتفاقيات والمذكرات المتبادلة بين القوى المستعمرة التى كانت وكلا عنهما وقت توقيعها ودول المصب ومن الأمثلة على ذلك المذكرة التى أرسلتها تنجانيقا (تنزانيا) إلى كل من مصر والسودان وبريطانيا فى عام 1962 فور إعلان استقلالها لإبلاغهم عدم التزامها بأى تعهد كانت قد قامت به للحكومة البريطانية ينقص من سيادتها على الأنهار أو البحيرات بأرضها وخصت المذكرة ما جاء فى المذكرة

المصرية التي تبودلت بشأن اتفاق للمياه بين مصر والسودان في عام 1929 من للتعهد بالا تقام بغير اتفاق سابق مع الحكومة المصرية أعمال ري أو توليد طاقة ولا تتخذ إجراءات على النيل وفروعه أو على البحيرات التي تتبع منها سواء في السودان أو في البلاد الواقعة تحت الإدارة البريطانية يكون من شأنها إنقاص مقدار المياه الذي يصل إلى مصر ... الخ .

وكان رد مصر على هذه المذكرة بأن مصر تعتبر الاتفاقية سارية المفعول حتى يتم استبدالها بأخرى يوافق عليها للطرفان .

وكذلك تعرض دول المنبع على الإتفاقيات المصرية والسودانية وتشكك في قانونيتها وقد أرسلت إثيوبيا احتجاجاً على بناء المد العالي الذي اتخذ قرار بنائه دون التشاور معها في مذكرة سلمت للخارجية المصرية في 1959/9/22 جاء فيها " إن أي دولة نهريّة تنوى القيام بإنشاءات كبيرة كتلك التي تقوم بها مصر فإنه يجب عليها بحكم القانون الدولي أن تخطر مقدماً الدول النهريّة الأخرى وتتشاور معها .

الباب الثاني

خفض الفقد من مياه العيون ومياه الأمطار
والسيول وشحن الخزان الجوفي واستمطار السحب

الفصل الرابع

حصص مياه العيون .

الفصل الخامس

الغذية وإعادة شحن الخزان الجوفي .

الفصل السادس

حصص مياه الأمطار والسيول .

الفصل السابع

استمطار السحب [كموارد مائية مضافة] .

الباب الثاني

خفض الفقد من مياه العيون
ومياه الأمطار والسيول وشحن الخزان الجوفي واستمطار السحب

الفصل الرابع

حصص مياه العيون

1. مياه العيون .
2. عيون اللدق الجاذبية .
3. العيون الارنوازية المنخفضة .
4. اعليارات اساسية.
5. حصص مياه عيون الانخفاض او اللدق بالجاذبية .
6. حصص مياه العيون الارنوازية .

الفصل الرابع

حصص مياه العيون

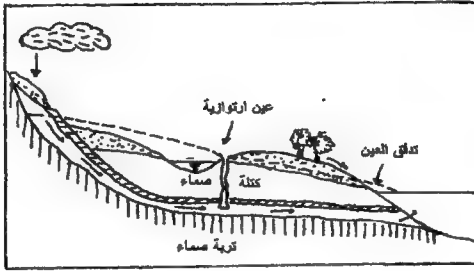
1 - مياه العيون :

توجد مياه العيون أساساً في الأراضي الجبلية أو الهضبات المرتفعة كالتلال أو ديان الأنهار . يمكن تعريف العين بأنها المكان حيث تخرج تنفقات المياه خارج التربة فوق سطح الأرض. مياه العيون عادة يتم تغذيتها من خزانات جوفية ذات تربة حاملة زلطية أو رملية أو من الصخور المفتتة ، تتدفق للمياه لأعلى عند اصطدام تنفقاتها تحت الأرض بطبقة صماء صخرية أو طفالية غير مسامية. هذه للتنفقات يمكن أن تكون عيون غير مرئية عند إتجاهها نحو النهر أو البحيرة أو البحر ... الخ .

معظم العيون تكون معلومة تماماً لدى السكان المحليين حيث النباتات تكون دلالة على وجودها ويتبعها يمكن الوصول إلى مصدرها .

مياه العيون الحقيقية تكون نقية ويمكن استخدامها بدون معالجة شريطة أن تكون العين تم حمايتها بمنشأ من الطوب أو الأحجار أو للعار أو الخرسانة بما يمنع وصول الملوثات إلى المياه . كما يلزم التأكد من أن هذه المياه مصدرها هو الخزان الجوفي وليست من مجرى مائي والذي تسربت منه المياه إلى مسافة قصيرة .

تدفق المياه من العين يمكن أن يكون بأشكال مختلفة ، حيث توجد مسامات مختلفة كذلك وهي عيون الترشيح أو للتسرب حيث تتسرب المياه من مسام التربة للمسامية وعيون التشققات حيث تتدفق المياه من الفواصل أو الكسور والتشققات في الصخور الصلبة ، العيون المستمرة حيث تكون تنفقات المياه شبه مستمرة . ولتقهم إمكانية حصص المياه من العيون فإنه من المهم معرفة الفرق بين العيون ذات التدفق الجاذبية والعيون الارتوازية ، كما أن هناك تقسيم آخر وهو عيون الانخفاض وعيون التدفق العلوى شكل (4/1).

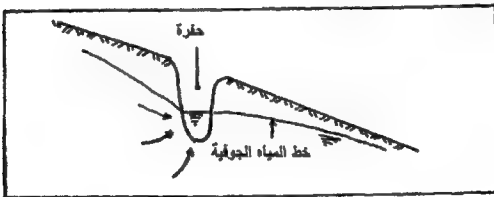


شكل (4-1) حالات وجود العيون

2- عيون التدفق بالجاذبية :

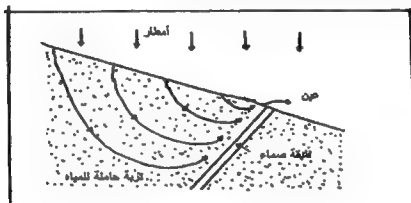
يلاحظ وجود هذه العيون في الخزانات الجوفية الحرة والغير محصورة ، وذلك عندما يكون سطح الأرض في منسوب أسفل خط المياه الاستاتيكي .

عندئذ يمتلئ هذا المنخفض بالماء ، عيون الانخفاض أو للتدفق بالجاذبية تكون عادة ذات إنتاجية محدودة وصغيرة ، وكذلك فإن النقص في الإنتاج وارد وذلك في فترات الجفاف أو إن هناك سحب من الخزان الجوفي بسبب الانخفاض في منسوب المياه الاستاتيكي (خط المياه) .



شكل (4-2) عين المنخفض بالجاذبية

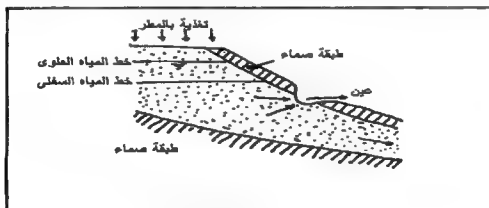
وكذلك يمكن إن يكون إنتاج العيون التي تعمل بالجاذبية كثير التغير وذلك عند وجود طبقة من التربة غير مسامية أو صلبة مثل الطفلة أو للصخور التي تمنع التدفق السفلي للمياه مع دفع هذه المياه إلى أعلا سطح الأرض (شكل 3-4) وفي هذه الحالة فإن كل المياه التي تدخل إلى منطقة للتغذية يتم تدفقها خلال العين ، وهذا التدفق يكون أكثر انتظاما عن التغذية للخران الجوفي بمياه الأمطار . إلا انه يمكن حدوث تغير في معدل التدفق في أوقات الجفاف وقد يتوقف إنتاج المياه تماما .



شكل (3-4) عين للتدفق الطوي بالجاذبية

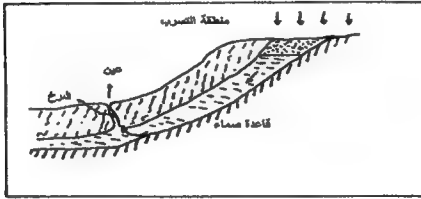
3 - العيون الارتوازية المنخفضة :

العيون الارتوازية المنخفضة تشبه إلى حد كبير عيون الانخفاض أو التدفق بالجاذبية . ولكن في هذه الحالة فإن المياه تتدفق إلى الخارج تحت ضغط ، لذلك فإن التصرف يكون عاليا ولا يبدو عليه تغير في معدل الانخفاض في منسوب المياه الجوفية (شكل 4/4).

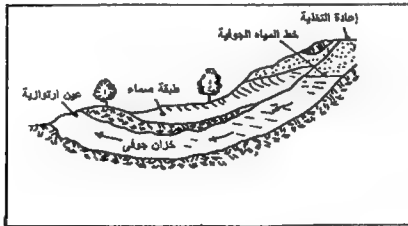


شكل (4-4) عين الانخفاض الارتوازي

العيون الارتوازية التي تتدفق من الفواصل والتشققات (شكل 4-5) تمثل نوعية هامة لهذا النوع من العيون ، فهذه العيون توجد في كثير من البلدان وتستخدم على نطاق واسع في إمدادات التجمعات السكانية بالمياه . ولحيانا يكون تدفق العيون الارتوازية من مساحة كبيرة (شكل 4-6) حيث تتدفق العيون مندفعة تحت ضغط وعادة يكون التصريف كبيراً ولا يحدث له تغير يذكر في معدل التدفق . هذه العيون مناسبة لإمداد التجمعات السكانية بالمياه. العيون الارتوازية لها ميزة في أن الغطاء الغير مسامي من التربة يحمي هذه المياه أسفله (الخزان الجوفي الارتوازي) من التلوث ولذلك فإن مياه هذه النوعية من العيون تكون آمنة وخالية من التلوث البكتيولوجي.



شكل (4-5) عين الشروع للارتوازية



شكل (4-6) عين للتدفق للعيون الارتوازية

4 - اعتبارات أساسية :

يجب أن تعد العين المستخدمة لإمدادات مياه الشرب بمنشأة حماية مزود بماسورة لحمل المياه الى نقطة خارج العين ، كما يجب توفير أربعة عناصر رئيسية هامة.

أ - توفير الحماية من التلوث لمياه العين في المنشأ .

ب - مياه العين الارتوازية عادة تكون خالية من الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض ، ولكن في حالة اختلاف درجة حرارة ماء العين ما بين الليل والنهار عندئذ فإن المياه تكون محل شك .

ج- في حالة الخزانات الجوفية الجبلية فإن التدفق يختلف قليلا حسب المسافة على طول خط الكنتور (عين التسرب). لحصد هذه المياه يلزم توفير حفرة تجمع للمياه ذات طول مناسب . أما في حالة الخزانات ذات الصخور المفتتة فإن التدفق يكون مركزا حيث تصل المياه المحملة بنواتج التفكك الصخرى إلى سطح الأرض هذه الحالة يلزم توفر أعمال إنشائية صغيره ومناسبة مع اختيار موقعها بعناية .

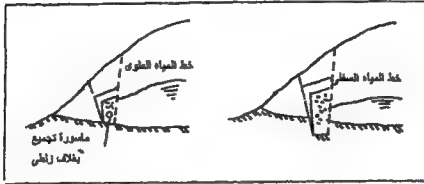
د- تقيم إنتاجية العين والتغير الموسمي للتدفق يلزم معرفته ، حيث كلا من الإنتاجية ومدى الاعتماد على العين يتأثر بالأعمال الإنشائية لحصد مياه العين .

مقارنة بسحب للمياه من الخزانات الجوفية بواسطة آبار الضخ فإن حصد مياه العين له ميزة في أن خط المياه الجوفية قد ينخفض قليلا جدا أولا ينخفض .

حصد مياه العين :

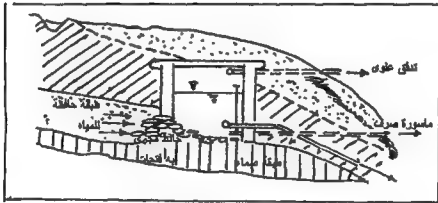
5 - حصد مياه عين الانخفاض او التدفق بالجاذبية :

نظر الصغر الإنتاجية وصعوبة الحصول على الحماية الكاملة من التلوث فانه لا يوصى باستخدام هذه العين لإمدادات المياه للتجمعات (شكل 4-7).



شكل (4-7) حصد مياه عين الجاذبية

يتم تصميم حوض التجميع للمياه المرشحة من مسام التربة الحاملة طبقاً للقواعد الهندسية كما يجب أن يكون حوض التجميع للمياه بالعمق الكافي لتكون الطبقة المشبعة من التربة فوق حوض التخزين للتعويض عن التغير في منسوب خط المياه الجوفية . المياه التي تتجمع يتم صرفها إلى حوض تجميع والذي يسمى أحياناً صندوق العين (شكل 4-8).

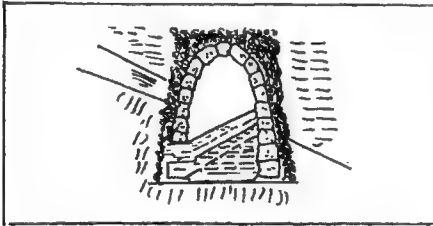


شكل (4-8) غرفة تخزين مياه عين لوتولية

يصمم نظام الترشيح وحوض التجميع بما يمنع وصول الملوثات للماء الذي تم تجميعه . قبل بناء غرفة حوض التجميع يتم تشوين الأحجار (بدون بناء) والتي تعمل كحائط ساند لمنع انهيار التربة ورفعها بعيداً . يتم تجهيز الغرفة بغطاء (كغطاء غرفة

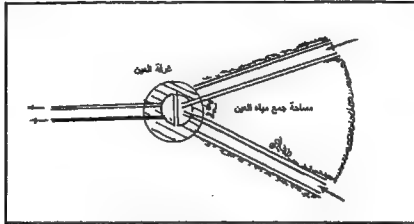
التفتيش) لأغراض النظافة والصيانة . يتم تغطيه جميع فتحات تصريف الهواء ومواسير الفايط ومواسير الصرف بمصفاة . كما يلزم عمل خندق للتجميع تساقط المياه على سطح التل وعدم دخوله الغرفة .

وللوقاية من التلوث فإن قمة الظهير الزلزلى (الحجري) تكون على مسافة لا تقل عن 3 متر أسفل سطح الأرض ، وبما يؤكد وضع أعمال حصد مياه العين على جانب التل أو برفع منسوب الأرض بالروم من مكان آخر يتم حمايته . يتم حماية النفق وذلك لمساحة ممتدة بكامل الطول زائد 10 متر على كلا الجانبين وعلى مسافة لا تقل عن 50 متر فوق تيار تدفق العين وذلك لمنع وصول الملوثات من حفر ردم المخلفات الحيوانية أو خزانات تحليل المخلفات الأدمية . على أن تحاط هذه المنطقة بسياج لمنع عبور الأفراد أو للحيوانات فوق موقع العين . تجهز حفرة صرف لإزاحة سقوط المياه من على السطح وتلويثها لمياه العين .



شكل (9-4) نفق لحصد مياه عين التدفق الطوى

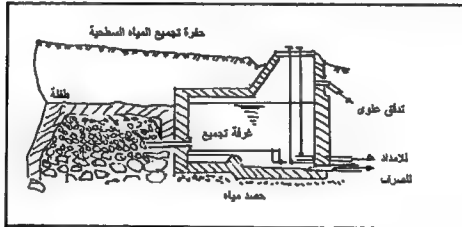
فى حالة الخزانات الجوفية ذات الصخور المفتتة يمكن استخدام مواسير محاطة بالزلط وكذلك يمكن جمع المياه باستخدام الإنفاق المبطنه (شكل 9-4) وذلك طبقاً لطبيعة مكونات التربة. عند وجود تدفقات عالية من التشققات فإن حصد مياه العين يكون مناسب طبقاً للشكل (10/4) ونظراً للسرعة العالية للمياه خلال الشقوق فإن مساحة الحماية من التلوث يجب أن تمتد إلى مسافة كبيرة وبما لا يقل عن 100 متر ويفضل حتى 300 متر فوق التيار بالنسبة للتسرب .



شكل (10-4) حصد مياه العين من تشققات خزان صخري

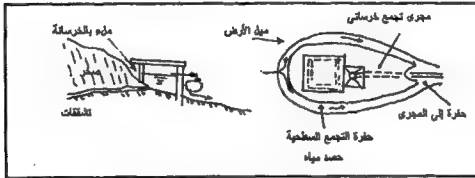
6 - حصد مياه العيون الارتوازية :

من الشكل الخارجى تبدو عيون المنخفض الارتوازية مثل عيون الانخفاض بالجانبية ولكن تصرفها اكبر ومعدل التغير فى التصريف أقل ، ذلك بسبب انخفاض المياه تحت ضغط . لحصد المياه من العيون الارتوازية فإن منطقة التنفق يجب إحاطتها بجدار ممتد قليلاً أعلا من منسوب ارتفاع المياه ، والحماية من التلوث يتم تغطية غرفة التجميع شكل (11/4). عيون المنخفض الارتوازية ذات الامتداد الجانبي الكبير تتطلب نظام تجميع للمياه فى غرفة تجميع حيث تدفع إلى مواقع الاستخدام .



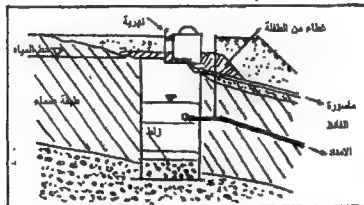
شكل (11-4) حصد مياه العين الانخفاض الارتوازي

لزيادة معدل التسرب والمحافظة على نوعية المياه يلزم نظافة موقع الصرف من كل المخلفات النباتية. كما يتم تغطية منطقة التغذية ذات السطح العلوي الحبيبي بطبقة من الركام المدرج، وذلك لحجز المواد العالقة. عيون التشققات يمكن تقييمها كعين انخفاض ارتوازية ولكن للمياه تتدفق من فتحة واحدة بما يجعل أعمال الحصد صغيرة شكل (4/12) .



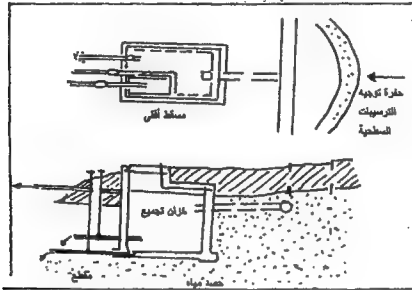
شكل (4-12) حصد مياه عيون التشققات ذات طاقة صغيرة

يمكن زيادة الطاقة بإزالة العقبات من فوهة العين أو زيادة حجم فتحة الخروج شكل (4/13). يلزم توفير الحماية من التلوث. عيون الالتصاق الارتوازية حيث مساحة التصريف الكبيرة وعلى مسافة بعيدة من العين ، واندفاع المياه إلى الخارج تحت ضغط فإن المياه تكون مؤمنة ضد التلوث بواسطة الطبقة العليا للخير مسامية . التصريف يمكن أن يكون كبيراً وثابتاً مع تغير قليل في المعدل مثل هذه العيون جيدة لتوفير الإمدادات بالمياه .



شكل (4-13) حصد مياه عيون تشققات ذات طاقة أكبر

عند تدفقات المياه من نقطة واحدة يمكن حصد مياه العين بإقامة إنشاءات حصد صغيرة . أما في حالة العين ذات التدفقات المنتشرة فإنه يتم إقامة حائط ساند على طول العرض مع الامتداد إلى الطبقة الصماء بالنسبة للأساس . بهذه الطريقة فإن تسرب المياه ومخاطر الاحتكاك والاصطدام يمكن تفاديها . قبل الحائط يتم عمل خندق تجميع فوق التيار مغطى بطبقة من الرمل للحماية من التلوث حيث تتدفق المياه إلى حوض تجميع آخر شكل (4/14) .



شكل (4-14) حصد مياه عين التصاق ارتوازي ذات اتساع جانبي كبير

الباب الثاني

خفض الفقد من مياه العيون
ومياه الأمطار والسيول وشحن الخزان الجوفي

الفصل الخامس

التغذية أو إعادة شحن الخزان الجوفي بالماء

الفصل الخامس

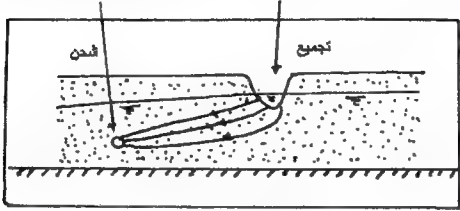
التغذية او اعادة شحن الخزآن الجوفى بالماء

تعتبر المياه الجوفية أفضل من مياه المجارى السطحية والبحيرات نظراً لخلوها من الكائنات الحية الدقيقة المعبية للأمراض مثل البكتيريا والفيروسات خاصة على الأعماق التى تزيد عن 40 متر من سطح الأرض . ولكن للمياه الجوفية قد لا تكون متاحة أو تكون الكميات التى يمكن سحبها محدودة حيث أن السحب من المياه الجوفية يجب ألا يزيد عن التغذية الطبيعية لهذه الخزانات الجوفية .

لذلك فعندما تكون التغذية صغيرة، فإن السحب الأمن من البئر سيكون كذلك صغيراً .

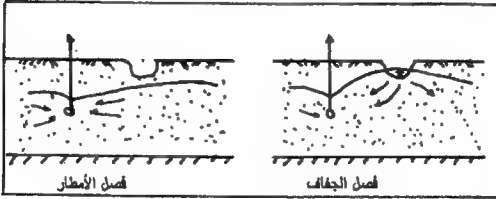
يمكن زيادة للشحن الجوفى للخزان الجوفى ما يزيد من السحب الأمن. وتتم عملية الشحن بتغذية الخزآن الجوفى من الأنهار أو من البحيرات إما مباشرة أو بنشر المياه فوق منطقة للتسرب حيث تتسرب المياه خلال للتربة إلى الخزآن الجوفى . الشحن الجوفى يمكن أن يوفر إمدادات المياه للتجمعات الصغيرة فى كثير من البلاد .

الشحن الجوفى بالإضافة إلى كونه من عوامل زيادة إنتاجية البئر فإنه يعمل كذلك على تنقية هذه المياه المتسربة . فعند تسرب المياه من المجارى الطبيعية كالأنهار أو من البحيرات خلال تربة ذات مسام وحبيبية شكل (5/1) فإنه يحدث الترشيح والإزالة لنسبة عالية من المواد الصلبة العالقة والهلالية (القروية) وكذلك البكتيريا والفيروسات والكائنات الحية الصغيرة الأخرى ، حيث تعمل تربة الخزآن الجوفى كمرشح رملى بطى ، ذلك على أساس أن يتم استعادة ضخ المياه من مسافة كافية من نقطة الشحن والتي يفضل أن تزيد عن 50 متر. يتجه للعمليات البيوكيماوية والامتصاص والترشيح فإن المياه تصبح نقية وأمنه للاستخدام المنزلى. فى كثير من الحالات يمكن استخدامها بدون معالجة تالية حيث يتم تأكيد صلاحيتها بالاختبارات للمعملية .



شكل (5-1) الشحن الصناعي للخزان الجوفي

الطرق الرئيسية للشحن الجوفي للصناعي للخزان الجوفي هي التسرب القريب من جسر المصدر المائي المسطح أو نشر المياه على سطح تربة مسامية. في حالة الربط ما بين الشحن الجوفي والتخزين الجوفي فإنه يمكن تخزين المياه من المجرى المائي في فترة وفرة المياه وإعادة سحب المياه في حالة الجفاف أو في حالة ضعف تدفقات المياه في المجرى المائي شكل (5/2) . بالإضافة إلى فائدة التخزين فإنه يتم حماية المياه من التلف بالبخر من التلوث لنتاج عن نمو الطحالب .

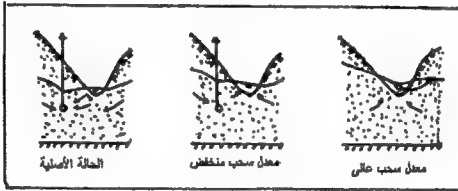


شكل (5-2) الشحن الصناعي مع تخزين المياه تحت سطح الأرض

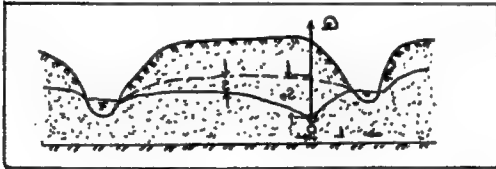
1- التسرب القريب من جسر المصدر المائي لوسيلة للشحن الجوفي :

ل سحب المياه من المصدر المائي بشحن للخزان الجوفي تستخدم آبار أو رشاشات موازية للشاطئ. في الأصل يتم تغذية الخزان الجوفي من السد وما زاد عن طاقه

الخزان الجوفي فإنه يتسرب لتغذية للنهر وعند سحب المياه وضخها من الخزان الجوفي فإن تدفق المياه منه إلى النهر سوف ينخفض. سحب للمياه من الخزان الجوفي يعمل على خفض منسوب المياه العلوي في الخزان حيث قد يصل الانخفاض قريبا من الشاطئ إلى أدنى من منسوب المياه في النهر بسبب إعاقة تنفقات المياه، عندئذ تتخلل مياه النهر إلى الخزان الجوفي، شريطه إن تكون مجرى المياه الجوفية في تربة ذات نفاذية مناسبة وبذلك يمكن استعادة كمية كبيرة من المياه إلى الخزان الجوفي بدون التأثير على منسوب المياه الجوفية شكل (5/3). يتحكم في شكل التغذية عاملين وهما معدل السحب من الخزان الجوفي بواسطة البئر أو الرشاح والمسافة شكل (5/4).



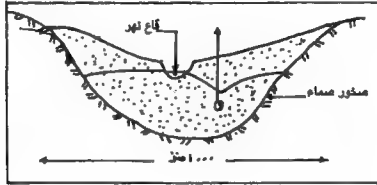
شكل (5-3) للتسرب والسحب من جانب المجرى المائي



شكل (5-4) الشحن المخطط

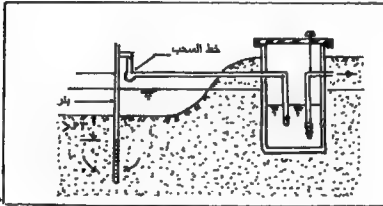
ولإعطاء الزمن الكافي لتتغذى المياه أثناء سريانها من النهر إلى الرشاح فإن المسافة بينهما يجب ألا تقل عن 50 متر وتفضل أن تكون أكبر من 50 متر . العامل الهام في رحلة المياه الجوفية هو الوقت حيث يلزم ما لا يقل عن ثلاث أسابيع وكلما

أمكن يكون شهرين أو أكثر . طبيعي ان زمن الرحلة لا يتوقف فقط على المسافة ولكن على معدل السحب وسمك الخزان الجوفي وتفاحيته. التغذية للخزان الجوفي بهذه الطريقة تفيد في حالات ضعف وصغر التغذية الطبيعية . فمثلا في حالة الخزان الجوفي المكون من تربة نفاذه ويجوار شاطئ المجرى المائي يكون عرض المقطع المائي له صغير شكل (5/5) .

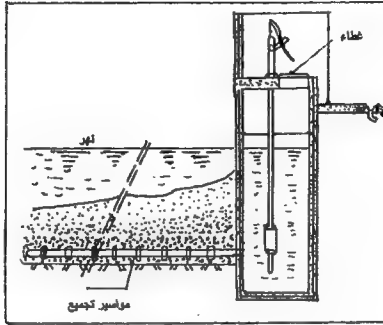


شكل (5-5) الفشحن المخطط وسحب المياه من خزان جوفى صغير العرض

في مثل هذه الحالات يكون السحب الآمن من هذا الخزان بالتغذية الطبيعية ضعيف لكن يمكن سحب كميات كبيرة في حالة عمل التغذية المخططة . طرق استعادة المياه التي تم شحنها يمكن ان تتم في قاع النهر شكل (5/6) . يوضح بئر يعمل بالبنق متصل بخط سحب بالتفريغ (سيفون) ، بدئل آخر وهو خط التجميع الأفقى الذى يوضع أسفل قاع النهر شكل (5/7) .

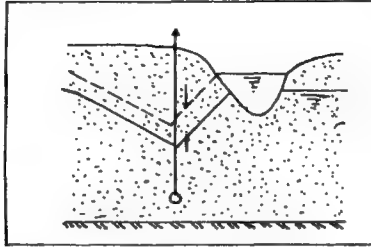


شكل (5-6) خط حربة (مصفاة) البئر في قاع البئر

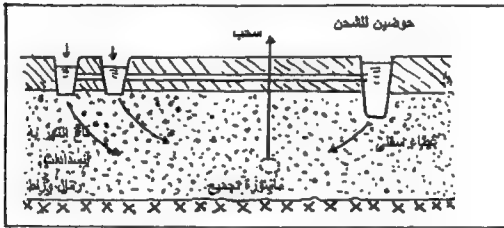


شكل (5-7) مسورة تجمع لفقية أسفل قاع نهر

عند إعادة الشحن من النهر والسحب بواسطة البئر يحدث إعاقة وانسداد أحيانا بسبب المواد العالقة وترسيب المواد المذابة وهذا الانسداد يسبب فقد في الضغط الرأسي للتسرب شكل (5/8). عادة انسداد قاع النهر ليس شكله نظراً لأن للتفتحات مستعمل على تنظيف جسور المجرى وكسح الرواسب . في حالة النهر المجزأ بالسدود وتكون نظافة الأجناب بفعل التفتحات غير موجودة أو منقطعة . وذلك يزداد انسداد مساحات التسرب إلى درجة الخفض الكبير لمعدل التغذية. نظرياً يمكن عمل النظافة اللازمة لإزالة الرواسب ، لكن هذه تشكل صعوبة وغير عملية . في مثل هذه الحالات يكون من المناسب إنشاء حوضين لنشر المياه ويتم تغذيتهما من النهر شكل (5/9) . قاع هذه الأحواض يغطي بطبقة من الرمل المتوسط الحجم بسمك حوالي 50 سم ، عندئذ يكون الانسداد محصوراً في السنتيمترات العليا للطبقة الرملية هذه والتي يمكن إزالتها بالكشط .



شكل (8-5) ضعف التسرب من قاع المجرى إلى الخزان الجوفى بسبب وجود ترسيبات وحدث فقد في الضغط



شكل (9-5) أحواض تغذية الخزان الجوفى باستخدام مياه النهر

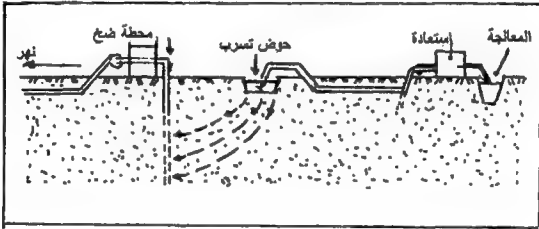
2 - نشر المياه :

الطريقة السابقة تتعلق بتغذية الخزان الجوفى لمصدر المياه السطحية ، ولكن فى بعض الحالات يكون الخزان الجوفى المناسب وجسر المصدر المائى بعيدين عن بعضهما . وفى هذه الحالة يمكن كذلك عمل التغذية الصناعية وذلك بنقل المياه من المصدر المائى الى الأماكن حيث التربة مناسبة للتسرب والتفتقات تحت سطح الأرض . وهذا وإن كان يشكل تعقيدات فى شكل التغذية الا انه يفيد فى الآتى .

- توقف مأخذ المياه عند تلوث مياه المصدر او تبنى نوعية المياه .

- تحقيق عائد اقتصادى عند وجود مخطط إعادة الشحن قريبا من موقع التوزيع .

مخطط التغذية الصناعية بنشر المياه موضح فى الشكل (5/10) وهو يشمل المعالجة المسبقة للمياه قبل الشحن فى حوض تسرب ثم المعالجة بعد سحب المياه . المعالجة المسبقة تكون ضرورية لتجنب رسوب الطفلة فى المواسير أو حدوث نمو وتكاثر البكتيريا والذي يعمل على خفض طاقة التحمل للمواسير وكذلك يقلل من انسداد حوض الشحن بما يقلل من معدل التنظيف .



شكل (5-10) مخطط للشحن الصناعى واستعادة المياه

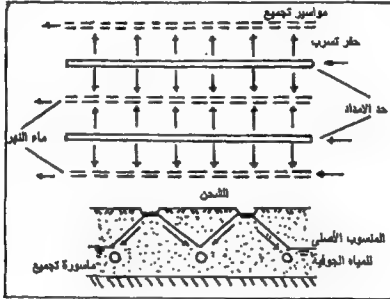
هذا بالإضافة إلى حماية الخزانات الجوفية من حدوث التلوث بسبب وجود المواد العضوية التى لا يحدث لها تحلل ، يكون من الضرورى معالجة المياه التى يتم سحبها فى حالة عدم سلامة نوعية المياه ، كما فى حالة اختلاط المياه بأملاح الحديد والمنجنيز المذاب .

يتوقف تصميم مخطط الشحن على ثلاثة عوامل :

- معدل تسرب المياه فى أحواض التسرب . هنا المعدل يكون منخفضا بما يتطلب نظافة للحوض بعد فترة طويلة لا تقل عن عدة شهور أو سنة اشهر أو أكثر .
- زمن رحلة المياه ومسافة للتدفق تحت سطح الأرض .
- أقصى فرق مناسيب بين المياه المتسربة (فى الحوض) وخط المياه الجوفية .

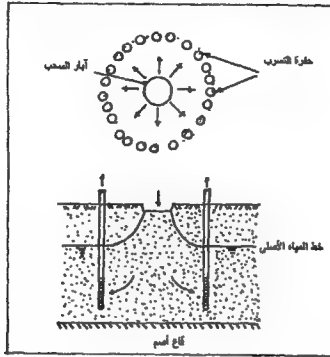
لنمية الموارد المائية في الوطن العربي

هذه العوامل مجتمعة تبين أن الشحن الصناعي للخزان الجوفى الضحل وخاصة فى التربة ذات التدرج المناسب للحبيبات يتم بإنشاء حوض التسرب كحفرة متصلة برشاح لمسحب للمياه الجوفية موازى لها شكل (5/11) .



شكل (5-11) إعادة الشحن للخزانات الجوفية الضحلة باستخدام
حفرة تسرب ومواسير تجمع

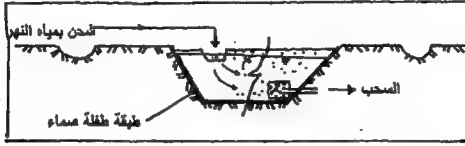
فى حالة الخزانات الجوفية العميقة وخاصة تلك ذات الحبيبات الكبيرة فإن حوض نشر المياه يفضل أن يكون فى شكل حوض تحيطه بطاريه من آبار السحب شكل (5/12) .



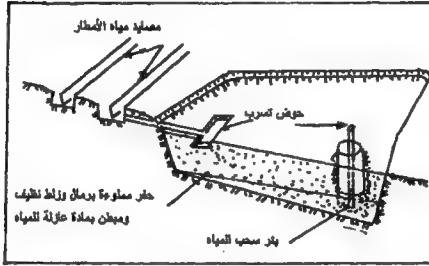
شكل (5-12) إعادة شحن خزان جوفي صقي باستخدام أحواض تسريب وآبار شحن

مخططات التغذية التي سبق ذكرها مناسبة للتجمعات الصغيرة وخاصة في الريف. نظراً لمحدودية الاحتياجات من المياه فإنه يلزم الإطمئنان إلى صلاحية هذه المياه للشرب .

لخدمة 200 فرد حيث احتياجات الفرد بمتوسط 15 لتر في اليوم فإن الاحتياج اليومي يكون 3 متر مكعب في اليوم . باستخدام التغذية الصناعية يمكن توفير هذه الكمية. لتوفير زمن حجز المياه تحت الأرض يلزم 60 يوم ، بالإضافة إلى أن حجم الخزان الجوفي ذو نسبة للفراغات 40% يكون 450 متر مكعب لخدمة هذا التجمع وبفرض أن سمك الطبقة المشبعة 2 متر فإن المساحة السطحية تكون 225 متر (كمثال 7.5 متر عرضي \times 30 متر طول) وهذه يمكن عملها بالحفر بعمق 3 متر مبطنه بطبقة من الطمي أو شرائح البلاستيك لتجنب الفقد بالتسرب شكل (5/13) . استخدام مياه الأمطار لتغذية الخزان الصناعي موضح في الشكل (5/14) .



شكل (5-13) مخطط للشحن بطفلة صغيرة

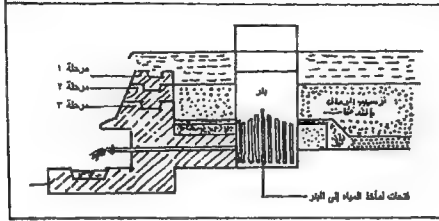


شكل (5-14) شحن الصناعي باستخدام مياه الأمطار

السدود الرملية :

السدود الرملية هي خزانات مملوءة بالأحجار والرمل والزلط ، تخزن المياه في الفراغات والمسام لطبقة الرمل هذه ، وهذا يعمل على خفض الفقد بالبخر . لذلك فإن استخدام السدود الرملية مفيد في المناطق حيث المعدل العالي للبخر . يمكن تخزين المياه لمدة طويلة حتى في ظروف الجفاف حيث يمكن الاستفادة بمخزون المياه في هذه السدود الرملية .

يمكن سحب المياه من الخزان الرملی (السد الرملی) بماسورة رشاح وباستخدام بئر محفور في طبقة الرمل قرب السد شكل (5/15) . عادة يمكن استخدام المياه بدون أي معالجة ، حيث يتم ترشيحها أثناء سريانها خلال طبقة الرمل .



شكل (15-5) مخطط السد الرملي

في المناطق شبه الحارة حيث يكون من المتاح استخدام السدود الرملية حيث تحمل مياه الفيضان . الرواسب والزلط والرمال . لذلك عند بناء حائط الخزان (للتخزين) في قاع النهر أثناء فترة الجفاف ، فإن مياه الفيضان سوف ترسب الرمال والزلط خلفه في فترة الفيضان . هذا بالإضافة إلى حمل المياه لكميات كبيرة من الطمي . ولتأكيد إن ما يتم ترسيبه خلف هو الزلط والرمل فقط ، فإنه يتم أولاً بناء حائط السد بارتفاع 2 متر فقط إلى ذلك رفع الحائط حيث ترسب الرمال والزلط ونتركه . الارتفاع للسد على مراحل يمكن الطمي من أن يحمل فوق السد بواسطة تنفقات المياه . بعد 4-5 سنوات فإن السد يمكن أن يصل إلى كامل ارتفاعه (عادة 6-12 متر) .

السدود الممتلئة بالرمال يمكن استخدامها للتخزين الصناعي حيث يمكن حمل الأجسام الدقيقة العالقة بواسطة تنفقات المياه وبذا يمكن تجنب الانسداد الذي تحدثه الطفلة في نظم التغذية أو الشحن الجوفي .

تغذية الخزانات الجوفية الساحلية بمياه السيول :

سمك طبقة المياه العذبة في الخزانات الجوفية الساحلية يكون صغيراً كلما قربنا من شاطئ البحر ويزداد السمك كلما بعدنا عن الشاطئ ويرجع ذلك إلى تسرب مياه البحر المالحة أسفل الخزان الجوفي للمياه العذبة ، حيث المياه المالحة الأعلى كثافة تكون أسفل المياه العذبة الأقل كثافة . يزداد سمك طبقة التربة الحاملة للمياه المالحة كلما اقتربنا من الشاطئ ويقل كلما بعدنا عن الشاطئ تتدفق المياه العذبة للخزان الجوفي الساحل عادة على البحر .

في حالة حصد مياه السيول والأمطار يمكن تغذية الخزان الجوفي وزيادة سمك طبقة التربة الحاملة للمياه العذبة على حساب سمك طبقة التربة الحاملة للمياه المالحة .

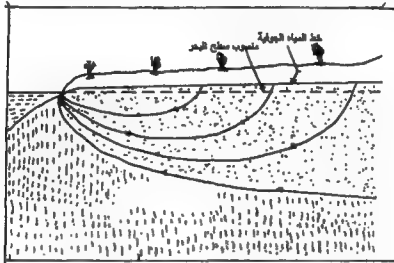
يمكن التغذية بأحد الطرق السابق ذكرها ومن بينها بناء سد على مجرى السيول التى تتجه نحو البحر حيث يعاد شحن الخزان الجوفى العذب ويتوقف أو يقل تسرب المياه المالحة أسفل الخزان الجوفى العذب .

توفير مياه الشرب النقية للمجتمعات السكانية الصغيرة فى الموائل البحرية :

يمكن توفير مياه الشرب النقية بطريقتين وهما استغلال الخزان الجوفى الساحلى وتحمية مياه البحر بالطاقة الشمسية .

1 - استغلال الخزان الساحلى :

توجد المياه العذبة فى طبقة من التربة فوق طبقة التربة الحاملة لمياه البحر فى الخزان الجوفى الساحلى. يمتد عمق (سمك) طبقة التربة الحاملة للمياه العذبة الى 40 ضعف المسافة ما بين خط المياه للخزان الجوفى (المياه العذبة) ومنسوب سطح البحر. يتدرج سمك كتلة المياه العذبة فى الزيادة كلما بعدنا عن الشاطئ ، يمكن سحب المياه العذبة بواسطة آبار المواسير أو آبار الحفر اليدوى (وهى ما تسمى بالآبار الرومانية فى الساحل الشمالى الغربى لمصر وتسمى الفولج فى دول شبه الجزيرة العربية) يجب مراعاة عدم السحب الجائر حتى يتم المحافظة على منسوب للمياه العذبة وعدم ارتفاع منسوب المياه المالحة على حساب سمك طبقة المياه العذبة شكل(5/16) .

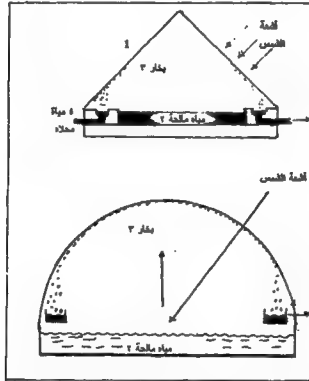


شكل (5-16) استغلال الخزان الجوفى الساحلى لسحب المياه العذبة
بآبار المواسير أو بآبار الحفر على عمق 40 ضعف المسافة بين خط المياه
الجوفية العذبة ومنسوب سطح البحر (حيث يزداد العمق مع البعد عن شاطئ البحر)

2 - التحلية باستخدام الطاقة الشمسية :

الاستفادة بالطاقة الشمسية يعتبر اقتصادي حيثما تكون كثافة ضوء الشمس عالية . على مستوى الإنتاج الصغير تتطلب تحلية المياه المالحة معدات بسيطة ولكن على المستوى الكبير تواجه بعض الصعوبات الفنية .

نموذج لجهاز التحلية المنزلي موضح في الشكل (5/17) . يمكن إنتاج لتر من المياه العذبة النقية في اليوم لكل قدم مربع من سطح الحوض ، وفي هذا الجهاز تمتص أشعة الشمس على القاع الأسود للحوض المحتوي على المياه المالحة بسمك قليل (ضحل) . ترتفع لبخرة المياه لتتكثف على السطح الزجاجي أو من البلاستيك الشفاف الى يميل بما يسبب تدفق الميته المكثفة على السطح الدخلى للزجاج (أو البلاستيك الشفاف) . يكون شكل الجهاز إما في شكل هرمي أو نصف كروي .



شكل (5-17) التحلية باستخدام الطاقة الشمسية حيث يمكن تحلية لتر من المياه لكل قدم مربع من سطح جهاز التحلية

1. غطاء شفاف من الزجاج والبلاستيك
2. مياه مالحة
3. بخار ماء صاعد
4. مياه محلاة

تسقط المياه المكثفة في حوض التجمع - نظرا لان سطح التكثيف يعلو لحواض التجميع فانه يجب ان يكون شفاف ليمح بمرور اشعة الشمس الى القاع المغطى بطبقة سوداء التي تمتص اشعة الشمس وتحتفظ بها ، ولكن بعض اشعة الشمس يفقد بواسطة سطح التكثيف .

الباب الثاني

خفض الفقد من مياه العيون
ومياه الأمطار والسيول وشحن الخزان الجوفي

الفصل السادس

الهيدرولوجي وحصد مياه الأمطار والسيول

الفصل السادس

الهيدرولوجى وحصد مياه الأمطار والسيول

الهيدرولوجى هو فرع من علوم الأرض المتعلقة بتوزيع وحركة المياه على سطح الأرض وتحت سطح الأرض . علم الهيدرولوجى له أهمية كبيرة فى تكنولوجيا البيئة لأسباب كثيرة . الحالات الهيدرولوجية المتباعدة (Extreme) مثل حالة الجفاف حيث لا تتوفر المياه المطلوبة وحالة الفيض حيث المياه بوفرة كثيرة فى المكان الغير مناسب ، وهما من الحالات المعروفة المسببة للمشاكل البيئية . ولكن الجفاف والفيض ليسا فقط الاعتبارات الهيدرولوجية الهامة . عموما ، يجب تقدير وجود وكمية المياه وذلك للتخطيط والتصميم لنظم الإمدادات بالمياه والحماية من التلوث وطرق إدارة وحصد مياه الأمطار والسيول .

توفر المياه واستخداماتها :

الماء كما هو معروف أساسى لاستمرار الحياة ، يعتمد الإنسان على المياه بالإضافة للشرب والاستخدام المنزلى ، حيث تستخدم كميات كبيرة فى المجالات الصناعية والزراعية ، وتوليد الطاقة ، المزارع السمكية ، والنقل .

استخدام المياه يعنى به سحب المياه من مصدرها والذي يمكن أن يكون نهر أو بحيرة أو بئر ونقل هذه المياه الى مكان معين. فمثلا المياه المستخدمة فى أغراض التبريد فى محطة توليد الطاقة يمكن سحبها من مجرى مائى قريب ، حيث تمر خلال محطة توليد الطاقة ، ثم تصرف ثانيا فى المجرى المائى بدون الفقد فى كمياتها . (يتم تبريد المياه قبل صرفها لمنع حدوث التلوث الحرارى) . ومن أمثلة الاستخدامات بدون سحب للمياه هى عمليات النقل والاستمتاع. لذلك فإنه يلزم التفرقة بين استخدامات المياه واستهلاك المياه ، حيث المياه المستخدمة فى الشرب أو التى تتحد مع احد المنتجات والتى لا يمكن إعادة استخدامها مباشرة هى المياه المستهلكة .

المياه توجد بكميات وفيرة فوق سطح الأرض وتحت سطح الأرض ولكن اقل من 1% فقط من هذه المياه هو المتاح للاستخدام الاقتصادى للمتطلبات التى سبق ذكرها ، ذلك لان معظم المياه هى إما مياه مالحة أو مياه متجمدة فى الجبال الجليدية .

كثيرا من المياه العذبة فى الأنهار والبحيرات حدث بها تلوث كبير حيث أصبحت غير مناسبة للاستخدام فى إمدادات المياه للشرب والاستخدام المنزلى .

توزيع المياه :

بالإضافة إلى محدودية المياه فإنه توجد مشكلة أساسية أخرى فى مجال إدارة الموارد المائية وهى أن المياه ليست موزعة جغرافيا بانتظام .

فى بعض المناطق توجد المياه للصالحه للاستخدام بوفرة نتيجة غزارة الأمطار والبرد والندى ، حيث يكون المناخ للاستخدام من هذه المياه هو الثلث فى المتوسط .والذى يذهب إلى الأنهار والبحيرات والخزانات الجوفية . ولكن تندر المياه حيث يقل هطول الأمطار .

كمية سقوط الأمطار وتوفر المياه يمكن أن تختلف كثيرا حتى فى المساحة الصغيرة . التوزيع الغير متجانس للمياه من مكان جغرافى معين إلى مكان آخر هو أحد مشاكل إدارة الموارد المائية . كذلك فإن حدوث وتوفر المياه يتغير من وقت لى آخر . فى أى مكان معين قد تكون هناك فترات زمنية ذات مستوى منخفض من سقوط الأمطار أو حدوث حالة الجفاف ، حيث تكون النتيجة ندرة حادة فى المياه ذلك لاستخدام المناخ من المياه فى الخزانات أثناء هذه الفترات .

وعلى الجانب الآخر فإن نفس المنطقة يمكن أن يزداد فيها سقوط الأمطار بغزارة ، والذى ينتج عنه مشاكل فيضان خطيرة والتي قد يصاحبها فقد فى الأرواح والممتلكات بالإضافة الى التلوث البيئى . ولذلك فإنه فى أى مكان معين أن يكون هناك مياه كثيرة جداً أو قليلة جداً طبقاً للظروف المناخية الطبيعية .

الدورة الهيدرولوجية (Hydrologic Cycle) (شكل 1-6)

المياه فى حركة مستمرة أعلى وأسفل وفوق سطح الأرض ، حتى فيما يبدو أنها مياه راكدة (كما فى البرك) فإن الماء يتبخر حيث يتحول البخار ويتحرك فى الغلاف الجوى بسبب الطاقة المكتسبة من الشمس وطاقة الجاذبية فإنه يوجد دائما دوران مستمر للماء ولبخار الماء . هذه العملية الطبيعية تسمى للدورة الهيدرولوجية ، تبدو بسيطة إلا أنه هناك الكثير نحوها أكثر ما تقع عليه العين. علماء الهيدرولوجى قاموا بدراسات معقدة فى مجال الإحصاء والرياضيات الحالية بهدف أساسى وهو قياس وتحليل العلاقات التى تتحكم فى شكل وكمية وتوزيع المياه. عند تفهم هذه العلاقات فإنه

يمكن تفهم للتبؤات المحتملة بما سيحدث من أمطار أو جفاف. تحدث الأمطار عند برودة (بخار الماء) الرطوبة الجوية وتكثفها في شكل نقاط من الماء هذه الترسيبات من مياه الأمطار يمكن أن تسلك ثلاث طرق مختلفة بعد وصولها إلى الأرض . بعض منها يمكن أن يحتجز بالزراعات أو بعض المنخفضات السطحية . بمعنى آخر فإنها تلتصق مؤقتاً على أسطح الأوراق والحشائش أو تحتجز في البرك. والبعض الآخر يتسرب إلى جوف الأرض من خلال سطح التربة . والجزء الأخير من الماء يمكن أن يتدفق فوق سطح الأرض . القياس والتوقعات للكميات النسبية من الماء. التي تتبع أي من هذه الطرق أو المسارات يعتبر من المسائل الهامة في علم الهيدرولوجي . بعض المياه التي يتم اعتراضها تتبخر في الحال وبعضها تمتصه النباتات ' في عملية تسمى النتج أو الارتشاح (Transpiration) عند استخدام المياه بواسطة النبات ومروره خلال الأوراق للحشائش والنباتات والأشجار وعودته إلى الجو في صورة بخار. العملية المشتركة للبخار والنتج تسمى (Evapo-transpiration). عموماً أكثر من نصف ترسيبات الأمطار التي تصل إلى الأرض تعود إلى الجو ثانياً بهذه العملية قبل الوصول إلى البحار والمحيطات. التدفق السطحي يحدث عندما يزداد معدل هطول المطر عن المعدلات المشتركة لكل من التسرب داخل التربة والعملية المشتركة للبخار والنتج . طبيعى فإن التدفق على سطح الأرض يجد طريقة إلى قنوات المجارى المائية ، الأنهار، البحيرات .

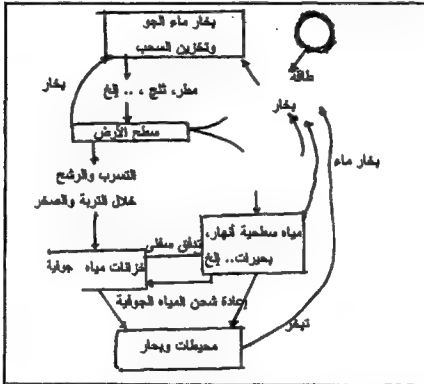
ولخيراً إلى البحار والمحيطات ، حيث تعتبر الأنهار والمحيطات هي نهاية المطاف لتدفقات المياه . كما سبق توضيحه حيث يصل حوالى ثلث الأمطار السنوية إلى المجارى المائية والأنهار ، ولكن هذا يختلف من منطقة إلى أخرى .

المياه التي تتسرب سطح التربة تستمر في التسرب خلال التربة المشبعة وطبقات الصخر المسامي ، مكونه خزانات ضخمة للمياه الجوفية . الخزائن الجوفية ليس بحيرة تحت الأرض ، حيث الماء يملأ المسام الصغيرة أو الفراغات بين حبيبات التربة والشقوق في الصخور وهذا الذى يسمى الخزائن الجوفية (Aquifer). المياه الجوفية يمكن بعد ذلك أن تتسرب إلى أعلى على سطح الأرض في العيون أو فى المجارى المائية (تدفق المياه الجوفية نحو المجارى المائية يعرف بتدفق القاعدة (base flow). والذى يمكن أن يكون المصدر الوحيد لتدفق المصدر أثناء الجفاف) .

طبيعى تجد للمياه الجوفية طريقها نحو البحار والمحيطات إما مباشرة أو من خلال المجارى السطحية ، البخار من سطح البحار والمحيطات يزيد من بخار الماء فى الجو بدرجة كبيرة ، حيث تحمل الرياح الهواء المحمل بالبخار فوق الأرض ، وتستمر الدورة الهيدرولوجية .

الدورة الهيدرولوجية الحضرية (Urban Hydrological cycle)

فى المجتمعات يوجد تدوير مستمر للحياة ، حيث تسحب المياه من مصادرها فى الدورة الهيدرولوجية الطبيعية من المياه السطحية أو من المياه الجوفية حيث تضخ إلى نظم المعالجة والتوزيع بعد الاستخدام ، يتم تجميع مياه الصرف فى شبكة الصرف حيث تعالج لخفض تأثير الملوثات ثم الصرف ثانياً على للمساحات المائية أو فى الخزان الجوفى . العامل الهام فى تكنولوجيا البيئة هو استمرار هذه المياه فى المجارى المائية ، الأنهار و البحيرات وكذلك الخزانات الأرضية، هو المتبقى من ترسيبات الأمطار (Residue of precipitation) .



شكل (1-6): مخطط للدورة الهيدرولوجية فى الطبيعة. الدوران

للمستمر الماء يكون بفعل طاقة الشمس والجاذبية

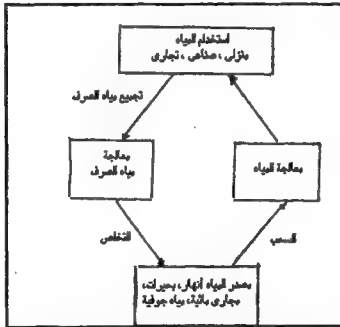
للمياه الموارد المائية فى الوطن العربى

إنه من المهم وضروري التعرف على بيانات سقوط الأمطار وتسجيلها وذلك لتقدير كمية الماء التي سوف تكون فوق سطح الأرض أو أسفل سطح الأرض . عوامل أخرى مثل طبوغرافية الأرض واستعمالات الارضى لها دور فى العلاقة بين سقوط الأمطار وتوافر للمياه .

العمق ، الحجم ، الكثافة (Depth , volume, Intensity)

تجميع بيانات سقوط الأمطار هو مسئولية مصلحة الأرصاد الجوية حيث توفر محطات قياس الإمطار خلال حدود الدولة . يعبر عن كميات سقوط الأمطار بعمق المياه المتركمة فى قياس الأمطار أثناء سقوطها . يمكن التعبير عن الوحدات بالمليمترات أو بالبوصات . انه عادة يكون من الضروري حساب متوسطات الأوزان للكميات سقوط المطر على اقليم معين باستخدام للبيانات من عدة قياسات للأمطار Rain gauges) . هذه البيانات يمكن وزنها بالنسبة للمساحة التي يغطيها كل قياس . أحيانا يكون من الضروري حساب الحجم الكلى للمياه التي تسقط على مساحة أثناء عاصفة سقوط الأمطار . يتم حساب الحجم بضرب المساحة الكلية للأرض بعمق سقوط الأمطار ، كالآتى :

$$\text{الحجم} = \text{العمق} \times \text{المساحة} .$$



شكل (2-6): الدورة الهيدرولوجية فى المجتمع الحضرى

فى الوحدات المترية يعبر عن الحجم عادة بالمتر المكعب ، ولكن عمق سقوط الأمطار يعبر عنه بالمليمترات ، لذلك فإن المساحة يجب تحويلها إلى الأمتار المربعة وعمق سقوط الأمطار يتم تحويله إلى الأمطار . المساحات الكبيرة نسبيا التى يعبر عنها بالهكتارات يجب تحويلها أولا إلى الأمتار المكعبة .

مثال :

أثناء سقوط الأمطار لمدة 20 دقيقة، كان عمق سقوط الأمطار الذى تم تسجيله هو 25 ملليمتر على مساحة 2.5 هكتار . احسب لحجم الكلى للماء الذى سقط على هذه المساحة أثناء عاصفة سقوط الأمطار .

الحل :

يتم أولا تحويل أعماق سقوط الأمطار من المليمترات إلى الأمتار

$$25 \text{ مليمتر} \times \frac{1}{1000} = 0.025 \text{ متر}$$

تم تحويل الهكتارات إلى أمتار مربعة

$$2.5 \text{ هكتار} = 2.5 \times 10000 = 25000 \text{ متر مربع}$$

باستخدام المعادلة الحجم = المساحة \times العمق .

$$\therefore \text{الحجم} = 25000 \text{ m}^2 \times 0.025 \text{ متر} = 635 \text{ متر مكعب}$$

$$\sim \text{حوال } 630 \text{ م}^3$$

عادة الأكثر أهمية عن الحجم الكلى للأمطار هو المعدل الذى تسقط به الأمطار، الذى يسمى كثافة سقوط الأمطار (Rain fall intensity) . كثافة سقوط الأمطار يعبر عنها بالعمق فى وحدة الزمن مثل بوصة فى الساعة ، مليمتر فى الدقيقة أو مليمتر فى الساعة - مصلحه الأرصاد الجوية تجمع هذا النوع من البيانات باستخدام اجهزه تسجيل المطر الآليه التى تسجل الفترة الزمنية لسقوط الأمطار وكذلك العمق ، للتسجيل المستمر لكمية سقوط الأمطار وكثافتها يتم توفيق على اسطوانة دوارة . يلاحظ عادة إن فترات هطول المطر القصيرة تكون ذات كثافة سقوط أعلا مقارنة بفترة السقوط الطويلة .

مثال: _____ :

من المثال السابق احسب كثافة سقوط الأمطار

الحل: _____ :

في حالة استمرار الأمطار لمدة 20 دقيقة ، فانه يمكن حساب كثافتها بالمليمتر في الساعة .

$$\text{الكثافة: } \frac{25 \text{ مليمتر}}{27 \text{ دقيقة}} \times \frac{60 \text{ دقيقة}}{\text{ساعة}} = 75 \text{ مليمتر في الساعة}$$

عند استخدام وحدات القمم المكعب الأمريكية للحجم ، ولكن في التطبيقات الهيدرولوجية فان الاحجام الضخمة من المياه يعبر عنها عادة بالفدان قدم (Acre- Ft) . وهو كما هو موضح في الشكل (6/3) انه الحجم المطلوب لتغطية فدان من الأرض بعمق واحد قدم . نظر الآن الفدان يساوى (الفدان يساوى 4840 ياردة مربعة أو 32950 0.4046 من الهكتار) 43560 قدم مربع x واحد قدم أو 43560 قدم مكعب (32950 جالون) .

مثال: _____ :

لثناء عاصفة سقوط الأمطار كان سمك سقوط الأمطار 4 بوصة على مساحة 120 فدان . الفترة الزمنية للعاصفة كانت 8 ساعة . ماذا كان متوسط سقوط الأمطار ؟ عين الحجم الكلى لسقوط الأمطار على المساحة في 8 ساعات عبر عن الحل بالفدان - قدم وبالقدم المكعب

الحل: _____ :

يتم تعيين الكثافة المتوسطة بقسمة العمق الكلى للأمطار على الفترة الزمنية لسقوط الأمطار كالآتى :

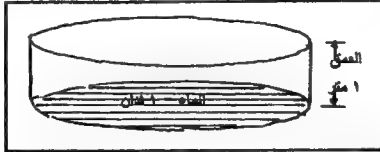
$$\text{الكثافة} = \frac{4 \text{ بوصة}}{8 \text{ ساعة}} = 0.5 \text{ بوصة في الساعة}$$

العمق يتم التعبير عنه بالقدم . يمكن عمل الحساب كالآتى :

$$\text{الحجم} = 120 \text{ فدان} \times 4 \text{ بوصة} \times 1 \text{ قدم} / 12 \text{ بوصة} = 40 \text{ فدان - قدم}$$

للتحويل من فدان - قدم لى قدم مكعب يستخدم

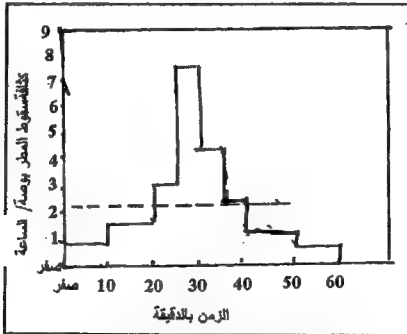
$$\text{الحجم} = 40 \text{ فدان - قدم} \times 43560 \text{ قدم مكعب} / \text{فدان - قدم} = 1700000 \text{ قدم مكعب} .$$



شكل (3-6): فدان واحد - قدم من الماء يعادل الحجم الذي يغطي مساحة

فدان من الأرض ويسقى واحد قدم أو 43560 قدم مكعب

من المهم اعتبار إن كثافة سقوط الأمطار ليست مستمرة خلال فترة السقوط ،
رغم إن متوسط الكثافة هو رقم مفيد جداً في كثير من المسائل الهيدروليكية وتطبيقاتها
في بعض التحليل الهيدروليكية يكون من الضروري الحصول على معلومات
تفصيلية أكثر عن كثافة سقوط الأمطار . هذه البيانات يمكن توظيفها على مخطط الذي
يوضح كثافة سقوط الأمطار (أو الحجم) مقابل الوقت . مثال لهذا المخطط موضع في
الشكل (4/6) لاحظ أن متوسط كثافة سقوط الأمطار خلال فترة زمنية 60 دقيقة هو
حوالي 2.2 بوصة / الساعة ، بينما ذروة الكثافة هي 8 بوصة / الساعة .



شكل (4-6): مثال لكثافة سقوط المياه مقابل الوقت

فترة التكرار (Recurrence Interval)

أظهرت الخبرة العادية أن حالات الهيدرولوجيا مثل سقوط الأمطار لا تحدث بأى نظام محدد ، حيث حدوث الأمطار وكثافتها وفترة استمرارها هى حالات طبيعية عشوائية لنفترض مثلاً حالة الأمطار فى المثال رقم (1) ، والتي سقطت بسمك 25 ملليمتر لمدة 20 دقيقة فبالرغم من الطبيعة العشوائية لحالات حدوث المطر ، إلا أنه يمكن تعيين متوسط تكرار الحدوث للعواصف الممطرة ذات الكثافة والفترة الزمنية المحددة . سيكون من المناسب إذا كان التاريخ المضبوط الذى تحدث فيه عاصفة سقوط أمطار مثابه فى المستقبل يمكن للتنبؤ بها ، ولكن من الواضح أن هذا مستحيل . فمثلاً حتى فى حالة عدم إمكان تعيين تاريخ العاصفة للثانية 20 دقيقة - 25 ملليمتر مقدماً ، إلا أنه من الممكن للتنبؤ بعدد الحالات التى من المتوقع أن تحدث فيها عواصف ممطرة مثابه خلال العام القادم أو خلال عدة سنوات . هذا بالإضافة إلى التنبؤ باحتمالات ملاحظة تلك العاصفة ثانياً فى أى فترة زمنية .

باختبار تسجيلات سقوط الأمطار لسنوات كثيرة واستخدام التحاليل الإحصائية ، فإنه يمكن تعيين متوسط عدد السنين بين العواصف الممطرة ذات الكثافة المحددة وفترة الاستمرار المحددة . هذا الفاصل الزمنى بين العواصف المطرية المشابهة يسمى فترة التكرار أو عودة الفترة الزمنية للعاصفة . فترات العودة الزمنية هذه يتم تحديدها وتسجيلها بواسطة مصلحة الأرصاد الجوية ' وكذلك مصمموا حماية البيئة يجب أن يعرفوا كيفية قراءة واستخدام البيانات .

عند تطبيق هذه البيانات يستخدم التعبير (N - year storm) أى عدد تكرار مرات حدوث العاصفة المطرية ويرمز له بالرمز (N) . فمثلاً عاصفة ذات فترة تكرار زمنية 5 سنوات تسمى عاصفة - 5 سنوات. وهذا يعنى أنه خلال فترة زمنية طويلة ، فإن متوسط الفاصل الزمنى بين العواصف ذات هذه للكثافة المعينة ومنتها المحددة هو 5 سنوات . وهذا لا يعنى أن عاصفة ممطرة مثابه سوف تحدث مرة واحدة تماماً كل 5 سنوات . فى الحقيقة فإنه من الممكن أن يحدث أكثر من مرة خلال 5 سنوات مثل هذه العاصفة خلال فواصل زمنية صغيرة ، حتى خلال العام الواحد ، ولكن فرص هذا تكون ضئيلة .

يلاحظ كذلك أن احتمالات حدوث للعاصفة - 5 سنوات في أى فترة زمنية منتهى 5 سنوات ليس بنسبة 100% . بمعنى آخر يمكن القول أن عاصفة 5 سنوات مستحدث بالتأكيد خلال الخمس سنوات للقائمة مثلاً . ولكن خلال فترة زمنية طويلة 500 عام مثلاً سيكون هناك حوالى 100 من هذه العواصف - 5 سنوات .

احتمالات الحدوث :

البيانات عن كثافة وفترة الاستمرارية وفترة العودة للعواصف الممطرة لها أهمية فى تصميم منشآت الصرف وكذلك لتوقعات ذروة التدفقات فى الأنهار . وعلى الطرف الآخر من الدورة الهيدرولوجية ، فإن معرفة شدة الجفاف وتكرر حدوثه له أهمية فى تصميم خزانات الإمداد بالمياه .

بسبب عدم التأكد وعدم الانتظام لطبيعة الحوادث الهيدرولوجية ، فإنه توجد دائماً مخاطر الفشل عند تصميم للمنشأ أو الوسيلة المتعلقة بالمصادر المائية . فمثلاً النهر المستخدم لإمدادات المياه قد لا يمكنه توفير الماء الكافى للتجمعات خلال فترات الجفاف. حتى فى حالة بناء خزان صغير للتغلب على هذا ، فإنه تظل دائماً المخاطرة نحو حدوث جفاف أكثر حدة والذي يسبب جفاف هذا الخزان ، هذه المخاطر يمكن خفضها ببناء خزان ضخمة ، ولكن هذا سيكون أكثر تكلفة .

المصممون يجب أن يكونوا قادرين على الموازنة بين الاقتصاد والمخاطرة باستخدام قواعد الاحتمالات .

فرصة أو احتمال وقوع حدث يمكن التعبير عنه بكسر أو رقم عشرى أو نسبة مئوية. فمثلاً احتمال أنذف قطعة العملة المعدنية لتكون صورة وليس كتابة هو مرة واحدة فى كل مرتين أو $2/1 - 0.5 - 50\%$ على المدى الطويل 50 ذقة من بين 100 يمكن أن تكون صورة . احتمال واحد أو 100% يمثل تأكيد والاحتمال صفر مستحيل. توجد علاقة بسيطة بين الفترة الزمنية لعودة حدوث العاصفة الهيدرولوجية. إذا كان الحرف (N) هو فترة التكرار لهذه الحادثة (بالسنين) ، عندئذ فإن الاحتمال (P) لتلك الحادثة لتكون متساوية أو أكثر فى سنة ما هو مقلوب الحرف (N) يعبر عنه بالمعادلة

$$P = \frac{1}{N}$$

فمثلاً ، احتمالات حدوث العاصفة المطرية -5 سنوات في أي سنة واحدة هو $p = \frac{1}{5} = 0.2 = 20\%$ وهذا يعني كذلك أن هناك فرصة أقل من 20% نحو حدوث عاصفة أسوأ أو أشد كثافة في أي سنة .

بالاعتماد على الخبرة العادية ، يمكن ملاحظة أن العواصف الممطرة الكثيفة تكون قليلة ومتباعدة فيما بينها . بمعنى آخر كلما تباعد الفاصل الزمني للحدوث الهيدرولوجي ، كلما كبرت فترة تكرارها. وكلما زادت فترة تكرارها (N) كلما قلت احتمالات الحدوث (P) ، ذلك بسبب العلاقة العكسية بين الاثنين. فمثلاً توجد فقط بنسبة 1% فقط نحو حدوث عاصفة -100 عام في سنة معينة. إنه احتمال قليل جداً لملاحظة عاصفة قوية 100 عام مقارنة بعاصفة -5 عام (رغم أنه في مناطق كثيرة تسجيلات سقوط الأمطار لا تعود إلى الخلف لمدة مائة عام ، يمكن استخدام نظريات الإحصاء أو الاحتمالات لإمداد البيانات الموجودة بعد الفترة الحقيقية للتسجيل .

للايجاز كلما زادت فترة التكرار (N) كلما قل احتمال تساوى أو زيادة الحادث الهيدرولوجي في سنة ما . هذا مفهوم هام . عموماً كلما زادت حساسية المشروع نحو الفقد في الأرواح ، الخسائر الاقتصادية ، أو الأثر البيئي السئ كلما كانت قيمة (N) المستخدم في حسابات التصميم أكبر .

السد مثلاً يمكن تصميمه لاحتواء فيضان 100 عام بينما لجمالي صرف العاصفة الممطرة يمكن تصميمه لتداول التدفق من عاصفة -2 سنة. في الحالة الأولى حيث تصميم السد للتدفق الضخم سيقلل من فرص الفشل أو تصدع السد ويؤكد حماية الأرواح والمتاع تحت التلويح .

وفي الحالة الثانية يتم عمل المقارنة بين توفير المال للإنشاءات ' أخذ الفرصة نحو صرف العاصفة والتدفقات مرة كل عامين أو هكذا.

العلاقة بين الكثافة ، زمن التكرار ، التكرار

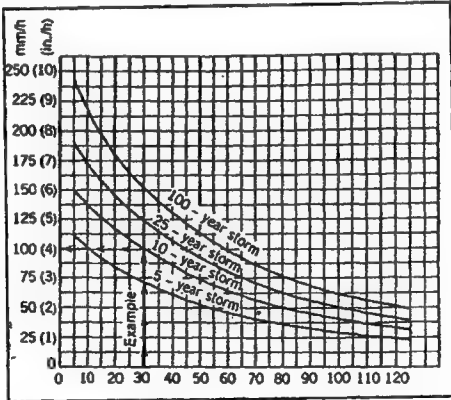
(Intensity , Duration , frequency , Relationships)

في هذه المناقشة المصطلحات مثل كثافة العاصفة الممطرة ، فترة استمرار العاصفة، الفاصل الزمني للتكرار تم دراستهم كما لو كانوا كميات مستقلة ، ولكن تلك العواصف الثلاثة مرتبطين ببعضهم البعض بما يتطلب دراستهم معاً. المصطلح

الترددى (Frequency) للعاصفة أو أى حادثة هيدرولوجية يختلف بطريقة عكسية مع فترة عودتها - 10 سنوات مثلاً سوف تحدث فى لحايين لقل من العاصفة - 5 سنوات. بيانات سقوط الأمطار التى يتم تجميعها بواسطة مصلحة الأرصاد الجوية يتم تجميعها وتحليلها ونشرها فى أشكال مختلفة ، العلاقات ما بين كثافة سقوط الأمطار ، فترة استمرارها ، وتردد حدوثها يمكن توضيحها فى مخطط فى شكل منحنيات أو خرائط ، أو يمكن التعبير عنها فى شكل معادلات ، حيث تستخدم هذه البيانات بواسطة المصممين لتقدير تكلفات العاصفة للمطررة وأقصى تنفق أو صرف .

منحنيات سقوط الأمطار (Rain fall curves)

نموزج لمجموعة من منحنيات كثافة ، فترة استمرار تردد سقوط الامطار فى الشكل (6/5) . الاطار العام لسقوط الامطار يختلف طبقا للوضع الجغرافى والمناخ . للتطبيق الحقيقى لبيانات سقوط الامطار لمشكلة تصميم حقيقة فإن منحنيات سقوط الامطار المناسبة لكان معين تحت الدراسة يتم للحصول عليها من الجهة المسؤولة عن رصد حدوث الامطار .



شكل (6-5): نموذج لكثافة سقوط الأمطار زمن الاستمرار ، منحنى التردد.

المنحنيات مثل هذه يتم إعدادها بواسطة إحصائيات سقوط الأمطار

للموارد المائية فى الوطن العربى

تستخدم منحنيات سقوط الأمطار بهذا الشكل بدخول المحور الأفقى مع الفترة الزمنية لاستمرار العاصفة التى يتم اختيارها ، ثم التحرك أفقيا للتقاطع مع زمن عودة عاصفة معينة (الخطوط المنحنية) ثم التحرك رأسيا نحو المحور الأفقى ، حيث يتم قراءة كثافة سقوط الأمطار . فمثلا يمكن من الشكل (6/5) ملاحظة أن عاصفة - 10 سنوات واستمرارها لمدة 30 دقيقة سوف تكون كثافتها 100 ملليمتر فى الساعة (لو حوالى 4 بوصة / الساعة) . شكل منحنيات سقوط الأمطار هذه تعكس حقيقة أن العواصف ذات فترة الاستمرار القصيرة لها متوسط كثافة أعلى من العواصف الطويلة، كذلك بالنسبة لفترة استمرار معينة ، تكون الكثافات العالية تقابل العواصف ذات فترة التكرار الطويلة .

مثال :

عاصفة مطرية استمرت لمدة 40 دقيقة وأسقطت سمك 50 ملليمتر \times (2 بوصة) من الأمطار . باستخدام منحنيات سقوط المطر فى الشكل (5-6) قدر احتمالات ملاحظة عاصفة مماثلة فى العام التالى .

الحل :

لحسب كثافة العاصفة كالآتى :

$$\text{الكثافة} = \frac{50}{40} \times \frac{60}{1} = 75 \text{ ملليمتر فى الساعة .}$$

الآن استخدم الشكل (6/5) على المحور الأفقى ب 40 دقيقة وعلى المحور الرأسى ب 75 ملليمتر فى الساعة . تقاطع الخطوط الأفقية والرأسية الممتدة من هذه النقطة تقع تقريبا فى منتصف المسافة بين عاصفة - 5 سنوات ، عاصفة - 10 سنوات . من هذا يمكن استنتاج أن زمن العودة للعاصفة محل الدراسة هو حوالى 7.5 سنة احتمال ملاحظة عاصفة مشابهة أو أشد كثافة فى العام التالى يتم حسابها باستخدام المعادلة التالية

$$P = \frac{1}{7.5} = 0.13 \text{ أو } 13\%$$

معادلات سقوط الأمطار:

العلاقة بين الكثافة - فترة استمرار والتكرار أو التردد يمكن التعبير عنها بمعادلات بدلا من شكل المنحنيات ، أحد المعادلات التى يمكن استخدامها هو .

$$i = \frac{A}{t + B}$$

حيث :

1 = كثافة سقوط الأمطار / ميليمتر / الساعة (بوصة / الساعة)

T = الفترة الزمنية لسقوط الأمطار بالدقيقة .

A , B = ثوابت تتوقف على فترات التكرار والشكل الجغرافي للمكان .

قيم الثوابت A, B تم استخراجها من أماكن مختلفة من المدينة فمثلاً بالنسبة لعاصفة - 10 سنوات في غرب وسط ولايات الاطلنطي يمكن أن تكون A, B = 5840 ، 29 على التوالي (هذه القيم الـ A, B تستخدم في حالة للنظام المترى ، الكثافة (I) في هذه الحالة بالمليمتر / الساعة .

مثال :

$$(\bar{i} = \frac{A}{t + B}) \text{ باستخدام معادلة سقوط الأمطار}$$

عين شدة أو كثافة سقوط الأمطار العاصفة - 10 سنوات لفترة استمرار 6 دقيقة حيث في كاليفورنيا A = 5840 ، B = 29 ، في الولايات الغربية A = 1520 ، B = 13

الحل :

باستخدام المعادلة حيث t = 60 دقيقة

$$\text{في كاليفورنيا } i = \frac{5840}{60 + 29} = 66 \text{ ملليمتر / الساعة .}$$

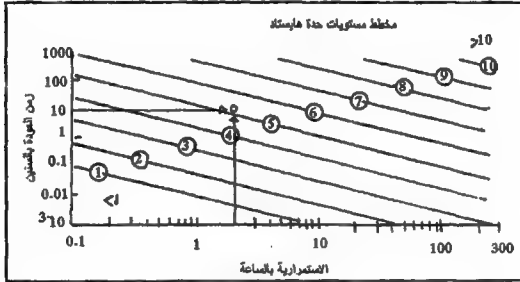
$$\text{في الولايات الغربية } i = \frac{1520}{60 + 13} = 21 \text{ ملليمتر / الساعة .}$$

خرائط سقوط الأمطار :

يمكن توقع سقوط الأمطار على خرائط ، حيث توضح الخطوط المتصلة عمق الأمطار خلال عام معين ولمدة استمرار معينة .

نظام تقسيم سقوط الأمطار :

المصطلحات المستخدمة في أزمدة العودة مثل سقوط الأمطار - 5 سنوات أو عاصفة - 100 سنة هي لوصف حوادث سقوط الأمطار - قد يلاحظ من الوهلة الأولى أن سقوط الأمطار - 5 سنوات صغيراً مقارنة لحالة - 100 سنة ولكن هذا ليس الواقع بالضرورة ذلك لأن استمرار العاصفة يلعب دور هام في وصف حدة العاصفة الممطرة . فمثلاً من الممكن أن عاصفة - 2 سنة لمدة 24 ساعة، يكون لها عمق أمطار أعظم من عاصفة - 50 سنة لمدة ساعة واحدة والذي ينتج عنه زيادة في هطول الأمطار في حالة العاصفة - 2 سنة والتي قد يكون لها تأثير بيئي أكثر حدة وأحداث خسائر أكبر في الممتلكات والممتلكات. بغرض توصيف حدة العاصفة ، يكون عندئذ من الضروري حساب زمن العودة وفترة الاستمرار (عامل آخر يمكن أن يؤخذ في الحساب هو مقدار المساحة التي تحدث فوقها العاصفة المطرية) .



شكل (6-6): توزيع لوغاريتمي لزمن عودة سقوط الأمطار مقابل الوقت

أحد مقترحات نظام تقسيم الأمطار هو مخطط الحدة لها يستاد - Haested - (HIS - Severity - Index) والذي يستخدم عشرة مستويات للقيمة تعرف بالعلاقة اللوغاريتمية بين أزمدة العودة والاستمرار وخمسة أنواع من الحدة تشبه تلك المستخدمة في الأعاصير والزوايع .

المخطط الذى يوضح مستويات (HSI) موضح فى الشكل (6/6) والجدول (6/1) يوضح العلاقة بين مستويات (HSI) وحالات الحدة .

شكل (6/6) توقع لوغاريتمى لزمن عودة سقوط الامطار مقابل فترة استمرار سقوط الامطار لتحديد مخطط الحدة لها يستار لعاصفة . فمثلا عاصفة - 10 سنوات - 20 ساعة لها مستوى هايمستاد 5.1 .

جدول (6/1) مخطط مستويات الحدة لاستياد ومستويات الامطار :

مخطط الحدة لهيوسناد	التصنيف	الوصف العام
اقل من 2.5	لا شئ	غير واضح كفيضان ، نوعية مياه قابلة للاستخدام
من 2.5 الى 4	1	فيضان ضعيف فى المساحات ، مناطق الصرف للضعيفة
من 4 الى 5.5	2	الاقتراب من طاقة التصميم لخطوط صرف الأمطار مع توقف فيضان الشوارع .
من 5.5 الى 7	3	معظم خطوط الصرف وطاقة القنوات تزيد عن طاقتها، ارتفاع فى قنوات المياه
من 7 الى 8.5	4	زيادة عن تصميم كل نظم النقل والصرف ، الإغراق وإحداث تلفيات .
اكبر من 8.5	5	حوادث سقوط لمطار مسببة للدمار ، فوق طاقة شبكات الصرف والمجارى السطحية والأنهار ، حيث الفيضان المدمر

مثال :

بحسب مستوى هايمستاد لحادثين لسقوط الأمطار مع فترة زمنية للعودة 10 سنوات، وعين تصنيف كل حادثة . العاصفة الأولى استمرت لمدة ساعتين والعاصفة الثانية استمرت لمدة 48 ساعة .

الحل :

من الشكل (6/6) تقاطع الخطوط الأفقية والعرضية لعشر سنوات ، 2 ساعة ينتج مستوى حدية أو هايستاد حوالى خمسة .

من الجدول (6/1) يلاحظ أن مثل هذه العاصفة سيكون تصنيفها ضمن الحادثة رقم (2) المستوى الذى سوف يقترب طاقة التصميم لشبكات حصد الأمطار التقليدية ومدخلها .

ثانياً من الشكل (6/6) لعشرة سنوات ، واستمرار العاصفة لمدة 48 ساعة ' فإن هايستاد هو حوالى (7) - من الجدول (6/1) ، يكون التصنيف (4) والذى سوف يسبب حدوث فيضان مدمر ، كلا العاصفتين لهما نفس الفترة الزمنية للتكرار أو الحدوث ' ولكن العاصفة ذات الاستمرار الأطول لها حدية أشد أو مقدار أكبر وهنا واضح فى حالة العواصف ، يعنى زيادة حديتها ، ولكن هذا ليس واضحاً عند مقارنة عاصفتين لهما فترة عودة زمنية مختلفة ، كما يوضحه المثال التالى .

مثال:

ما هى العاصفة ذات الحدة الأشد ، هل للعاصفة - 5 سنوات لمدة 48 ساعة أو العاصفة - 100 سنة لمدة 20 دقيقة .

الحل :

من الشكل (6/6) والجدول (6/1) يلاحظ أن للعاصفة - 5 سنوات 24 ساعة هى فى التصنيف (3) بينما للعاصفة 100 سنة - 2 دقيقة (0.33 ساعة) هى فى التصنيفات رقم (2) والذى هو أقل حدة .

فى هذه الحالة فإن العاصفة - 5 سنوات يمكن أن تحدث تلفيات أكثر من العاصفة - 100 سنة .

المياه السطحية Surface Water

المياه التى تتدفق على الأرض تسمى عادة للماء الجارى فوق سطح الأرض أو ماء المطر (Run off). هذا الماء الجارى الذى لم يصل بعد إلى قناة مجرى محددة يسمى التدفق فوق سطح الأرض (Over Land Flow) (على سطح ناعم مثل الرصف). هذا النوع من الماء السطحي هام فى حالة مناقشة نظم صرف مياه الأمطار . فى

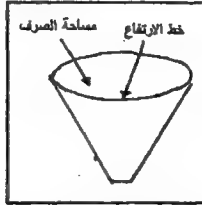
معظم الحالات ، المصطلح المياه السطحية تشير إلى المياه التي تتساب في المجارى المائية والأنهار وكذلك المياه المخزنة في البحيرات الطبيعية أو البحيرات الصناعية .

مستجمعات المياه : (Water Sheds)

كما سبق توضيحه يحدث المطر المنهمر (Run off) عندما تزيد معدل الترسيب أو مطول الأمطار عن معدل الإعاقة أو البخر والنتج . للمساحة الكلية للأرض التي تسهم في المطر الزائد نحو النهر أو المجرى المائي تسمى مستجمعات المياه ويمكن أن تسمى أحواض الصرف أو مساحات الحجز ، وخاصة في حالة تنفقات الماء نحو أو في نظام صرف حضري. و عموما يهتم المهندسون في تحديد كمية المياه الزائدة في نقطة معينة في المجرى الطبيعي أو نظام الصرف الهندسي هذه النقطة تسمى مخرج الحوض أو نقطة التركيز .

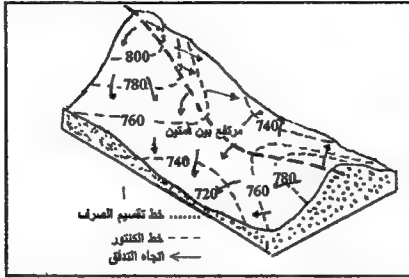
يمكن تحديد الحد الطبيعي المحيط بمستجمعات الحجز من الخريطة الطبوغرافية باستخدام خطوط كنتور ارتفاعات الأرض . بالنظر إلى الخريطة الطبوغرافية سيلاحظ تدفق المياه بحرية عمودي على خطوط الكنتور ، والذي هو اتجاه أننى انحداراً عند أى نقطة . عند فحص الخريطة الكنتورية ويلاحظه الإطار العام للتدفق فوق سطح الأرض ، عندئذ يكون من الممكن تعيين حدود مستجمعات المياه ، هذا الحد يسمى خط تقسيم الصرف أو خط السد (Drainage Divid Line Or Ridge Line) هو يفصل مستجمعات المتجاورة .

صورة مبسطة لمستجمع المياه هي تلك للقمع شكل (6/7). الحدود المتسعة عند قمة القمع تمثل خط الإعاقة أو السد والمساحة الدائرية الداخلية لخط الإعاقة تمثل مساحة الحجز . مع سقوط الأمطار داخل إطار الحجز أو الإعاقة فإنها تتدفق إلى أسفل نحو المخرج الضيق عند القاع ، والذي يمثل نقطة التركيز في للتطبيقات العملية ، يجب رسم وتحديد خط السد أو الإعاقة على خريطة طبوغرافية بواسطة المهندس أو الفني المختص . عادة خط الإعاقة أو السد يكون غير منتظم للشكل وليس في شكل دائرة كما في حالة قمة القمع ، ونقطة التركيز تقع على الخط وليست في منتصف المساحة ، نظراً لأن المسقط الرأسى لمستجمع المياه يكون مرسوماً .

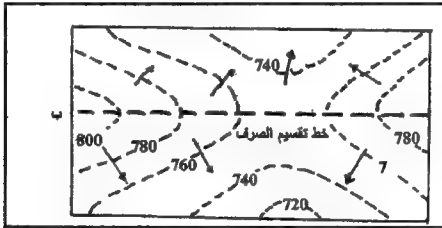


شكل (6-7): منظر مبسط لحوض صرف أو مستجمع المياه

- 1 - ابدء عند نقطة التركيز هذه يمكن أن تكون تقاطع مجريين عند نقطة حيث يتدفق المجرى خلال بالوعة أو بريح أو عداية بطريق رئيسي ، أو عند موقع خزان .
خط التقسيم سوف يبدأ وينتهي عند هذه النقطة .
- 2 - يتم اختبار خطوط الكنتور لتعيين الشكل العام للتدفق . وتصور سقوط الماء على الأرض عند أى نقطة وملاحظة أى طريق سوف تسلكه . أبدا بمخطط مقاطع خط التقسيم الذى يفصل بوضوح مستجمع مياه عن مستجمع المياه المجاور . هذه الأجزاء من الخط سوف تتبع العوائق والسدود والمرور خلال المرتفعات بين القمم الطبوغرافية. نلاحظ أن خط تقسيم الصرف الطبيعي هو دائما عمودى على خطوط الكنتور .
- 3 - املا أى فراغات يمكن أن تترك فى الخط الجارى توقيعه لحيانا ، خط التقسيم سينحرف بجدة على قمة السد أو العائق للمرور خلال أحد المرتفعات التى تصل بين قمتين (Saddle) على الخط .
- مخطط موقع إطارات للتدفق وخط تقسيم الصرف موضح فى الشكل (6/8-أ) ومنظر رأسى لنفس المنطقة موضح فى الشكل (6-8-ب). الانحناءات الحادة التى يمكن أن يتصف بها خط التقسيم عند مروره خلال السدود والمرتفعات المجاورة (6/9). خط تقسيم صرف أخر موضح فى الشكل (6/8) كخط منقط ومهشرا .



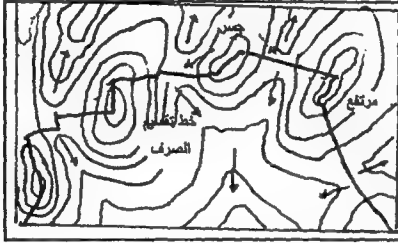
شكل (8-16): منظر عام للتدفق حيث الأسهم تشير إلى اتجاه التدفق خط تقسيم الصرف يمر خلال مرتلعين والسرّج أو المرتلج الأول المتصل بينهما بما يفصل حد (2) من مستجمعات المياه



شكل (8-6ب): منظر رأسي لخريطة طبوغرافية التي توضح نفس خط تقسيم الصرف وخطوط الكنتور الموجودة في (أ)

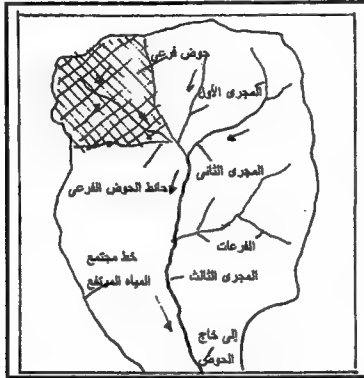
النقطة التي عندها تتقاطع أو يتداخل مجريين تسمى نقطة الجمع أو الحشد (Point Of Confluence) ، مع تدخل التفتقات الصغيرة ، فإنه تتكون المجارى الضخمة أو الأنهار. مساحة التجمع لمجرى معين يمكن أن تكون مجرد جزء من منطقة استجماع المياه الأكبر . المساحات الأصغر تسمى أحواض فرعية لمنطقة

استجماع المياه (Subbasin Of the Water Sheds) . نموذج لشبكة الصرف موضح في الشكل (6/10). يمكن تقسيم المجارى طبقا لوضعها فى الشبكة الكلية . للتقسيم التقليدى هو مجارى للدرجة الأولى ، مجارى الدرجة الثانية وهكذا. مجارى الدرجة الأولى ليس لها اى روافد أو مجارى أصغر تتدفق نحوها. مستجمعات المياه لنهر كبير قد تشمل آلاف من الأميال المربعة وكذا تتضمن كثيرا من الروافد للصغيرة . هذه المستجمعات الضخمة للمياه تسمى كذلك أحواض النهر .



شكل (9-6): خط تقسيم الصرف أو ينحرف بشدة على مرتفع أو على جسر كما هو موضح مساحة حوض الصرف تعنى لجمالى مساحته الأفقية . الأحواض الصغيرة نسبياً يمكن أن يعبر عنها بالقدن أو الهكتار. تجهيزه ميكانيكياً تسمى مقياس المسطحات (Planimeter) تستخدم عادة لقياس المساحة بمجرد تتبع حدود مستجمع المياه. يمكن معايرة مقياس المسطحات الحديث للقراءة للرقمية للمساحة على أساس مقياس الرسم للخرائط المستخدمة .

حجم ومعدل تدفق مستجمع المياه هو دلالة لمتغيرات كثيرة . مساحة الحوض والكثافة وفترة الاستمرار لمسقوط الأمطار لها تأثير مباشر على كمية ومعدل الفيضان، عوامل أخرى تشمل ميل الأرض ، نوع التربة والتغطية النباتية ونوع استخدامات الأرض. فمثلا، للمساحة المسطحة ذات التربة الرملية سوف تنتج فيض أو تدفقات أقل من المساحة المائلة ذات التربة الطينية. كثيرا من المياه سوف يتسرب خلال مسام التربة الرملية فى الحالة الأولى تاركا جزء صغير من الأمطار ليكون تدفقات سطحية. كذلك المناطق الحضرية كثيفة السكان تسبب زيادة فى الفيض عن المناطق الريفية .



شكل (10-6): مجتمع المياه الضخم عادة يشمل مساحة تجمع صغيرة أو لهواض صغيرة

(Stream Flow)

تدفق المجرى المائي

كمية أو حجم المياه التي تتدفق في المجرى المائي تسمى معدل التدفق أو الصرف للمجرى المائي. الصرف يقدر بالحجم في وحدة الزمن الذي يعبر أي نقطة في المجرى المائي .

الوحدات المترية للصرف هي عادة المتر المكعب في الثانية ، المتر المكعب في الساعة ، أو بوحدات القدم المكعب في الثانية أو بالجالون في الدقيقة . مقطع المجرى الذي له ميل ثابت تقريبا ، وكذلك المقطع والصرف يمكن أن يسمى اللسان المنبسط من المجرى (Reach Of the Steem) . يختلف تصرف المجرى مع الوقت . عموماً تلاحظ للتدفقات العالية في شهر الربيع والصيف ، بينما المعدلات المنخفضة من المنصرف تكون في فصل الشتاء ، وهذا ما يحدث في شمال غرب الولايات المتحدة . ذوبان الجليد يمكن أن يساهم بشكل كبير في تصرف المجرى. التغيرات في التصرف التي تحدث على أساس كل اسبوع أو كل يوم أو كل ساعة لها علاقة مباشرة بحوادث

سقوط الأمطار . في بعض المجارى المائية يمكن أن يكون تغير كبير في التصرف ما بين الوفرة والجفاف .

معدلات التدفق المنخفضة يمكن أن تسبب مشاكل بيئية في المجارى المستقبلية للصرف من محطات معالجة مياه الصرف بسبب قلة المياه في المجرى لتخفيف تركيزات مياه الصرف .

كذلك فإن معدل التصرف المنخفض للمجرى المائي يمكن أن يسبب مشاكل بيئية إذا كان هذا المجرى هو مصدر لإمدادات المياه ولكن التصرفات العالية جداً عادة تحتم إنشاء نظم التحكم في الفيضان .

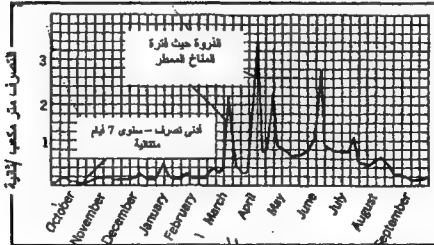
علم وصف المياه : (Hydrographs)

مخطط التصرف مقابل الوقت يسمى الهيدروجراف . المحور الرأسى يمثل التصرف والمحور الأفقى يمثل الوقت . الفواصل الزمنية قد تمتد إلى عدة سنوات أو لعدة ساعات ، طبقاً لنوع الهيدروجراف واستخدمه .

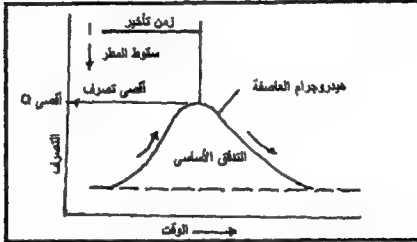
تدفق المجرى خلال فترة عام واحد يمكن توقعه كهيدروجراف سنوى كما هو موضح فى الشكل (6/11) .

القيم المرتفعة فى المخطط تمثل فترات السقوط الكثيف للأمطار .

الهيدروجراف المطر الغزير أو عاصفة الهيدروجراف تمثل التدفق فى المجرى بالنسبة لحادثة سقوط أمطار معينة . الفاصل الزمنى على المحور الأفقى يكون عادة بالساعات أو الأيام . نموزج الهيدروجراف للعاصفة موضح بالشكل رقم (6/12) .



شكل (6-11): مخطط هيدروlogy لحوض صغير يبين التصرف مقابل الوقت



شكل (12-6): مخطط العاصفة أو الفيضان يوضح للتأخير

المباشر لوانعقة سقوط الأمطار على تدفق المجرى

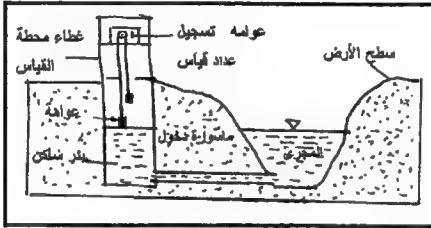
بعد بدء العاصفة بقليل والتدفقات فوق الأرض تصل قناة المجرى ، فإن التصريف المجرى يبدأ في الزيادة . وهذا يوقع كطرف مرتفع الهيدروجراف بعد فترة زمنية والتي تسمى فتر التأخلف (Lag Time) والتي تعتمد على الخواص الطبيعية لمستجمع المياه ، يحدث أقصى تصريف . أقصى تدفق في المجرى هذا يمكن أن يحدث لساعات كثيرة بعد توقف هطول المطر . بعد الوصول إلى حالة الذروة هذه فإن تدفق المجرى يقل تدريجيا نحو للتدفق الأساسي . التدفق الأساسي (Base Flow) هو التدفق الطبيعي للمناخ الجاف في المجرى ، والذي يستمر بسبب تسرب المياه الجوفية من التربة نحو قناة المجرى. المجرى الذي له تدفق أساسي خلال العام يسمى مجرى دائم طوال السنة (Perennial Stream) . المجرى الذي يجف تماما أثناء فترات قلة سقوط الأمطار يسمى المجرى المتقطع . قنوات المجرى الدائم تخترق خط المياه الجوفية ، بينما للمجاري للمائية المتقطعة تقع فوق خط المياه الجوفية

محطات القياس (Gaging Stations)

المنشأ الثابت الذي يسمى محطة القياس يتم أنشاؤه على طول النهر لتوفير التسجيل المستمر للتدفق مقابل الوقت . مخطط لمحطة القياس كما في الشكل (13/6). أساس القياس في محطة القياس هو عمق الماء في للمجرى المائي أو للنهر ، لارتفاع سطح الماء فوق منسوب قياسي هو المسافة بين منسوب القاع ومنسوب الماء هذا

للفرق في المنسوب يتغير مع تغير التصريفات كما هو متوقع كلما زاد المنسوب زادت التصريفات .

يمكن قياس فرق المنسوب وتسجيله على مخطط دوّار بواسطة تجهيزه، تعمل بالطفو . للكابل والعمامة عند أحد الأطراف ونقل الأثران .

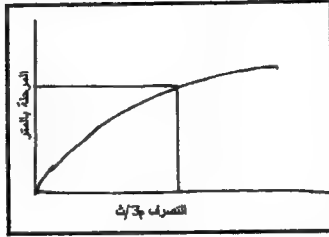


شكل (13-6): مقطع لمحطة قياس المجرى، حيث ارتفاع الماء في البئر الساكن هو نفسه في حالة النهر أو المجرى

على النهاية الأخرى ويكون معلق على بكره كما هو موضح بالرسم .

تتحرك للعمامة إلى أعلى وإلى أسفل مع تغير المنسوب ، بما يعمل على دوران البكرة وبذا يتغير مكان القلم على المخطط . للبئر الساكن ، متصل بقناة المجرى بواسطة ماسورة ، يمنع التغيرات الكثيرة لمنسوب الماء بسبب الرياح أو أي عوامل أخرى . تستخدم بذلك تقنيات تسجيل رقمية حديثة وأجهزة القياس عن بعد .

قبل بدء محطة التسجيل في توفير البيانات حول تدفق المجرى ، يكون من الضروري تعيين العلاقة الحقيقية بين فرق المنسوب والتصريف . هذه العلاقة عادة يعبر عنها في شكل مخطط في منحنى تقديري (Rating Curve) أو منحنى تصريف المنسوب كما في الشكل (14/6) . بمجرد عمل هذا المنحنى التقديري للمجرى ، يكون من الضروري فقط قياس الفرق المنسوب (Stage) لمعرفة ما هو التصريف بالنسبة لحجم معدل التدفق .



شكل (14-6): منحنى مرحلة التصريف للمجرى المائي أو النهر،

موضحاً العلاقة بين معدل التدفق وصق الماء في هذا النهر

أحد الطرق المستخدمة لربط العلاقة بين مرحلة فرق المنسوب والتصريف هي بإنشاء سد صغير أو هدار في قناة المجرى (الهدار هو أعاقلة في المجرى حيث يجب أن تتدفق المياه أعلاها). ارتفاع المياه المتدفقة فوق الهدار، تسمى الرأس على الهدار وترتبط هيدروليكيًا بحجم معدل التدفق.

في المجارى الكبيرة والأنهار، قد تكون إعاقلة تدفق المياه باستخدام الهدار طريقة غير عملية. زيادة عمق الماء خلف الهدار يمكن أن يسبب فيضان الماء تحت التيار. بدلا من ذلك التجهيز المسماة مقياس التيار (Current meter) تستخدم غاطسة عند نقاط مختلفة في النهر لقياس سرعة التدفق عند فروق المناسيب المختلفة. نموذج لقياس التيار يشمل دافع صغير الذي يدور في الماء بمعدل يتناسب مع سرعة الماء. مع معرفة العمود ومساحة المقطع للمجرى حيث يتم عمل قياس للتيار، فإنه يمكن حساب التصريف. نظراً لأن عمق وشكل قاع المجرى قد يتغير بالتدريج بسبب البرى أو الترسيب، فإن منحنى المعدل يجب مراجعته وتحديثه من أن لأخر. يمكن حالياً استخدام إحصائيات تدفق المجرى بدون محطات قياس باستخدام نظم معادلات حديثة.

الجفاف أو ندرة المياه (Droughts)

الجفاف هو طول الفترة الزمنية للمناخ الجاف التي تسبب نقص في المياه المتاحة. على الجانب الآخر، الفيض هو ما يحدث عند فيضان المجرى أو النهر خارج الأجانب، بعد فترة من المطر للغزير أو إصهار الجليد. كلا هاتين الحالتين هما حدود

هيدرولوجية قصوى والتي تعتبر حالات سيئة بالنسبة للمشاكل البيئية ، بالإضافة إلى احتمال ما تسببه من فقد في الأرواح والممتلكات .

لخفض المشاكل بسبب الفيضانات أو الجفاف ، فإن مصممي الإنشاءات الهيدروليكية ووسائل إدارة المياه يجب أن يكونوا قادرين على التقييم الكلي لحدّة وتكرار تلك الحوادث . قيمة الفيضان (N) سعة لمستجمع مياه معين يجب أن يتم تحديده إذا كانت جهود التحكم في الفيضان ستكون مؤثرة. التدفق المنخفض في المجرى بسبب الجفاف يجب تقديره إذا كانت المشاكل المتعلقة بالفترات الزمنية الطويلة للمناخ الجاف يمكن تجنبها .

إلى حد كبير حدوث وشدة الفيضانات أو حالات الجفاف يمكن أن ترتبط بالترسيبات. نظرا لأن تسجيلات الترسيب تكون متاحة أكثر من بيانات تدفق المجرى المائي ، فإن المصممين عادة لهم اختيار محدود ولكن لعمل تقديرات لحدوث الجفاف أو الفيضان من واقع تسجيلات بيان سقوط الأمطار . من المفترض أن الفترة الزمنية لتكرار أقصى تصرف للمجرى هي نفسها الفترة الزمنية لعودة العاصفة الممطرة التي تم حساب للتصرف منها .

التدفقات المنخفضة التي تحدث باستمرار في المجارى المائية أثناء الجفاف لها أهمية لسببين. إذا كان المجرى يستخدم في إمدادات المياه فإنه يجب تعيين إذا كان يجب بناء خزان لتأكيد الإمداد المناسب أثناء الجفاف ، وإذا كان المجرى يستقبل مياه صرف من محطة معالجة مياه الصرف الصحي ، حيث يجب تحديد ما إذا كان التدفق المنخفض للمجرى المائي سيظل مناسب لتخفيف الصرف أو أن الأمر يتطلب بعض التقنيات المتقدمة للمعالجة .

متوسط أدنى تصرف خلال فترة زمنية منتها أسبوع مع التكرار عشر سنوات تدفق

(Minimum Average 7 -Consecutive day – 10-years flow)

في دراسات تلوث المياه يعرف تدفق الجفاف أو الندرة عادة بأنه متوسط أدنى تصرف خلال فترة زمنية واحد أسبوع مع فترة تكرار عشر سنوات . وهذا ما يسمى أدنى متوسط الأيام السبعة المتتالية – لعشر سنوات تدفق ويرمز له (MA7CDIO flow) نظرا لأن قيمة (N) لهذا التدفق هي كل 10 سنوات ، فإنه توجد فقط نسبة احتمال قيمتها 10 % نحو حدوث جفاف أشد قوة في أي عام . بمعنى آخر فإن

لجنة الموارد المائية في الوطن العربي

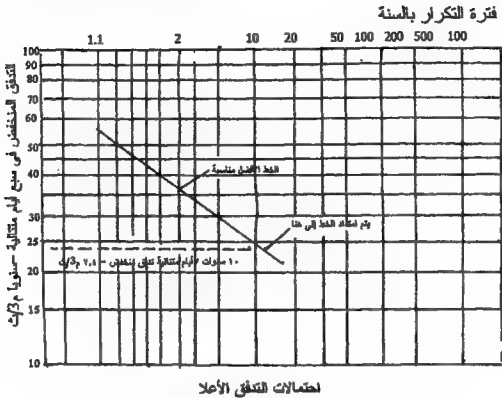
المساوى أو الأعلى في أى عام بقسمة الدرجة (m) على عدد السنين + (n+1) في هذا المثال 5=n في المعادلة من الاحتمالات :

$$P = \frac{m}{(n+1)}$$

لذلك يكون عندنا

الاحتمالات (P)	الدرجة (m)	التدفق المنخفض م ³ /ث
0.167 - 6/1	1	5.2
0.333 - 6/2	2	4.4
0.500 - 6/3	3	4.00
0.667 - 6/4	4	3.4
0.833 - 6/5	5	2.8

عادة يتم توقيع البيانات الهيدرولوجية على نوع خاص من ورق الاحتمالات اللوغاريتمية (Logarithmic probability Paper). يتم توقيع النقاط عادة كخط مستقيم أو قريبا منه . التكتفات المنخفضة والاحتمالات المقابلة لها في هذه المسألة وقعت على الشكل (6/15) . تم رسم الخط المستقيم الأكثر ملاءمة خلال النقاط الموقعة ثم تم امتداده حتى قيمة احتمال 90%. وهذا يوضح معدل التدفق على المحور الرأسى للمخطط الذى سوف يزداد تسع اضعاف من عشرة في أى سنة تالية. على العكس احتمالات ملاحظة التدفق المنخفض (الجفاف الأكثر شدة) هو 10% هذا التدفق لذلك يمثل تدفق (MA7CDIO) كما هو موضح فى الشكل (6/15) فإنه (MA7CDIO) لهذا المجرى (المبنى على خمسة سنوات المحددة جدا من التسجيل) يفتر عند 2.4 م³ / ث.



شكل (6-15): يستخدم ورق لوغار يتم الاحتمال لتقدير تدفق الجفاف
(MA7CD10) في مجرى أو نهر

الخرانات: (Reservoirs)

عندما يكون تدفق المجرى المائي غير كافى لتحقيق الامداد بالمياه وخاصة في فترات الندرة أو للجفاف فإنه يمكن بناء خزان للتغلب على هذه المشكلة . الخزان يحقق تساوى التدفق في المجرى المائي ويحتجز الزائد من التدفقات أثناء فترة المطر الغزير للاستخدام أثناء فترات انخفاض التدفق في المجرى . الخزان الذى يعمل أساسا للإمداد بالماء يسمى خزان الحفظ (Conservation Reservoir) للخران من هذا النوع يتم انشاؤه على موقع طبيعى له طوبوغرافية مناسبة وذلك ببناء سد على المجرى المائي بما يسمح بتكوين بحيرة صناعية. خزانات الحفظ عادة ضخمة وتوفر طاقة لفترة زمنية طويلة من المناخ الجاف. الفيضان وإغراق الأرض بالبحيرة الصناعية يمكن أن يكون له تأثيرات بيئية واجتماعية كبيرة ، والتي يجب أن تراعى بالإضافة إلى الاعتبارات الفنية والاقتصادية للمشروع .

بسبب العوامل البيئية والاقتصادية ، فإنه من غير المناسب بناء السد بسبب واحد فقط مثل الإمداد بالمياه . الخزائن توفر في وقت واحد هذا وكذلك إحتياجات أخرى مثل التحكم في الفيضانات ، والطاقة للهيدروكهربية والاستمتاع وهذه الخزائن متعددة الأغراض . أنواع أخرى من الخزائن تشمل خزائن الحفظ والتوزيع لتوزيع المياه ، وخزائن الحجز للتحكم في مياه العواصف الممطرة.

الطاقة التخزينية لخزان كبير يعبر عنها عادة بالمليار متر مكعب . صرف الخزائن يمثل كمية المياه التي يمكن أن يوفرها الخزائن خلال فاصل زمني معين بدون أن يجف.

العلاقة ما بين إنتاجية الخزائن ، طاقته التخزينية هي العامل الهام في تصميمه .

طبقا لتقرير حديث صادر من المؤتمر الدولي للسدود ، فإنه يوجد حوالي 800000 سد في العالم من بين هذه حوالي 45000 تعتبر سدود عالية - أكثر من 15 متر ارتفاع او ذات طاقة أكثر من 3 مليون تر مكعب (حوالي نصف السدود الكبيرة في العالم تم بناءه بغرض الرى أساساً) . ويعتبر السد ذو المجارى او الشعب الثلاث على نهر يانجيز في الصين الذى صمم أساسا للتحكم في الفيضان وتوليد الطاقة الكهربائية ، أكبر سد في العالم . ولكن لموه الحظ فإنه عندما يمتلئ الخزائن فإن الماء خلف السد العالي بارتفاع 180 متر بسبب غرق كثير من الاراضى والمتاع بما يسبب هجرة كثيرا من الناس وترك منازلهم

مخطط التجميع الهيدرولوجى : (summation Hydrograph)

لتعيين الحجم المطلوب لخزان الحفظ فإنه يجب استخدام التسجيلات لتدفقات المجرى لسنين طويلة ، عادة تصمم خزائن الحفظ لتوفير التصرف المطلوب اثناء الجفاف الذى يساوى أسوا حالات الجفاف طبقا للتسجيل . مخطط التجميع الهيدرولوجى او يسمى أحيانا مخطط للكتلة (MassDiagram) هو وسيلة تخطيطية مناسبة لتعيين حجم التخزين المطلوب . هذه التقنية موضحة فى المثال التالى .

مثال ٢:

خزان حفظ يتطلب توفير سحب منتظم لتصرف 60 مليون لتر فى الشهر بدون أن يحدث له استنزاف . تسجيلات تدفق المجرى للسنوات ذات أدنى تدفق تم تلخيصها على أساس شهري كالتالى :

الشهر	تدفق المجرى بالمليون لتر في الشهر
يناير	60
فبراير	100
مارس	180
أبريل	20
مايو	15
يونيو	15
يوليو	5
أغسطس	15
سبتمبر	115
أكتوبر	200
نوفمبر	180
ديسمبر	100

حدد الحجم المطلوب للخران

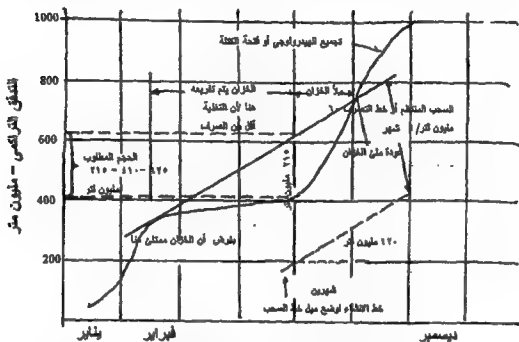
الحل :

أولا عين تدفق المجرى التراكمي الداخر الى الخزان على أساس شهرى فمثلا في شهر فبراير التدفق التراكمي سيكون $100+60 = 160$ مليون لتر وفي شهر مارس سيكون $180+160 = 380$ مليون لتر .

مجرد إضافة التدفقات لكل شهر . جهاز جدول للتدفقات التراكمية الشهرية كالآتي :

الشهر =	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو
التدفق التراكمي مليون / لتر =	60	60	340	360	375	390	395
الشهر =	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر		
التدفق التراكمي مليون / لتر =	410	525	725	905	1005		

والآن يمكن توقع التكتفات التراكمية الشهرية على مخطط كما هو موضح في الشكل (6/16). هذا المخطط هو نتيجة توقع التكتفات مقابل الوقت ولكن التكتفات تراكمية مع الوقت.



شكل (6-16): تجمع الهيدرولوجي للمثال السابق

ميل مخطط التجميع الهيدرولوجي أو منحنى الكتلة (Mass Curve) يمثل معدل التدفق للدخل في الخزان . لاحظ أن المنحنى مستقيم جداً أثناء شهور الصيف بسبب انخفاض تدفق المجرى خلال تلك الفترة .

يمكن تمثيل التصريف أو السحب المنتظم كخط مستقيم على المخطط ، في هذه الحالة فإن خط السحب له ميل 60 مليون لتر/ الشهر كما هو مبين فإنه يكون ميل منحنى الكتلة أكثر استقامة عن ميل خط السحب فإنه يكون الماء الخارج من الخزان أكثر من الداخل إليه ، والخزان يتم تفريغه عندما يكون منحنى الكتلة (Mass Curve) أشد انحداراً عند خط السحب ، فإنه يكون الماء المتدفق إلى الداخل أكثر من التدفق الخارج للخزان . ويكون للخزان في حالة مليء .

ارسم خط موازى لخط السحب ومماس لخط الكتلة عند النقطة (A) في الشكل (6/15) النقطة (A) عموماً تمثل ذروة منحنى الكتلة حيث أنها متقاربة إلى أسفل . يفرض أن الخزان قد مليء تروا عند هذه النقطة فإنه سيبدأ في الحال في خفض حجم

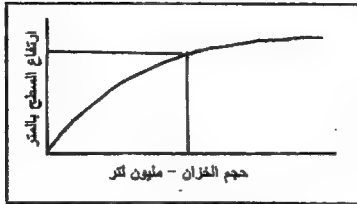
الماء ، بمجرد تخطى النقطة (A) فإن معدل السحب يزيد عن معدل الدخول للمياه ولكن بعد عدة شهور يزداد انحواء منحنى الكتلة ويزيد معدل التدفقات الداخلة عن معدل السحب ويبدأ حجم المياه فى الزيادة. عند النقطة (b) حيث يتقاطع الخط مع منحنى الكتلة فإن الخزان يصبح عند أقصى طاقته مرة أخرى. المسافة الرأسية بين خط التصريف AB ومنحنى الكتلة تمثل حجم المياه خارج التخزين لتوفير التصريف .

فى هذا المثال أقصى مسافة رأسية تقاس لتكون 215 مليون لتر، كما فى الشكل (6/15) وهذا هو اثنى حجم تخزين مطلوب لتأكيد أن التصريف المطلوب يمكن تحقيقه .

نظرا لان هذا الحجم 215 مليون لتر ، كان قد تم تحديده لاسوا ستين الجفاف على التسجيل، يكون من المعقول فرضيه أنه خلال السنين ذات الترسيبات العادية وتدفقات المجرى ان الخزان سوف يكون أكثر من مناسب لتوفير التصريف المطلوب ولكن يظل احتمال حدوث جفاف أشد حدة. يمكن عمل تحليل التردد (Frequency Analysis) لتوفير تنديرات فترات العودة واحتمالات جفاف أكثر خطورة .

طاقة الخزان : (Reservoir capacity)

أقصى حجم من المياه يمكن تخزينه فى خزان يعتمد على ارتفاع قناة تصريف الفائض من مياه السد المكون للخزان وعلى طبوغرافية الأرض فوق التيار للسد. بالإضافة إلى هذا الحجم للكلى ، يكون من المهم معرفة العلاقة ما بين الحجم وارتفاع سطح الخزان ، المخطط لارتفاع المياه مقابل الحجم يسمى منحنى طاقة الخزان أو منحنى ارتفاع الخزان (Reservoir Capacity - Curve or Elevation storage curve)
لحد أشكال منحنى الطاقة موضح فى الشكل (6/17) . باستخدام منحنى مثل هذا فإنه يمكن تعيين حجم الماء فى الخزان عند وقت معين بمجرد قياس الارتفاع لإمداد المياه.



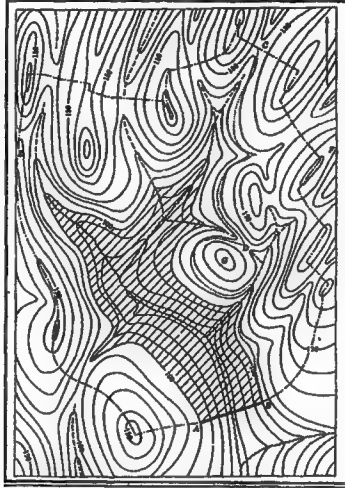
شكل (17-6): منحنى لسعة الخزان

قياس حجم الخزان : (Mesuring Reservoir Volume)

يمكن تقدير حجم الخزان من الخريطة الطبوغرافية . فمثلا في الشكل (6/18) إذا كان ارتفاع قناة التصريف للفائض من مياه السد (Spillway) عند (AB) ليكون 100 قدم ، فإن الماء في الخزان سوف يغطي المساحة المحصورة بالكنكتور 100 قدم كما هو موضح بالخطوط الممهشرة. حيث أن الفاصل للكنتورى هو 10 قدم على الخريطة ، فإن اجمالى حجم المياه التى يحتويها الخزان يمكن تقديرها بعده طبقات بسبك 10 قدم مفصولة بأسطح المنسوب عند كل خط كنطور. عندئذ كل طبقة سوف تكون شكل صلب محاطة من أعلا ومن اسفل بواسطة أسطح مستوية متوازية. المساحة عند كل من هذه الاسطح يمكن قياسها بواسطة جهاز القياس (Planimeter) وذلك بتعقب كل من خطوط الكنتور. بضرب متوسط المساحة لكل اثنين من المساحات بالسبك 10 قدم للطبقة يمكن عندئذ تقريـب حجم كل طبقة. مجموع الإحجام زائد تقريـب الحجم أسفل أدنى كنطور ، يوفر تقدير لاجمالي حجم الخزان .

كل المجارى المائية والانهار تحمل مواد صلبة عالقة فى شكل حبيبات الى حد ما. هذه الحبيبات تحاول أن ترسب بفعل الجاذبية فى الخزان ، مكونه رواسب راكدة. كل الخزانات تصبح ممثلة بالرواسب ولذلك فإن لها عمر تصميمى محدود أو فترة زمنية والتى خلالها لا يمكن أن تحقق الغرض من انشائها .

الشكل (6/19) يوضح تراكم الرواسب خلف السد. رغم أن ترسيبات الخزان لا يمكن منعها. إلا أنه يمكن التحكم فيها لو إبطائها. البوابات أسفل قمة الخزان التي تعمل على تصريف الرواسب قبل إعطائها الفرصة لترسب نحو القاع .



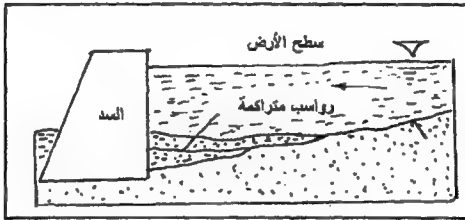
شكل (6-18): السد عند AB يكون خزان بارتفاع 100 قدم الموضح بالخطوط المنقطعة الجسر الذي يحدد حدود الخزان موضح بالخطوط المعشرة

الآثار البيئية :

بالإضافة إلى انخفاض العمر التصميمي للخزان فإن تراكم الترسبات خلف السد يمكن أن يسبب آثار بيئية غير مرغوب فيها على البيئة الحياتية تحت التيار . المثال الواضح لهذا هو سد أسوان العالي في مصر ، الذي أقيم على نهر النيل للتحكم في الفيضانات ولتوفير الطاقة الكهربائية . فقد في الطمي الرملي (Silt) ومواد الغذاء

للنبات التي كانت ترمب في الحقول تحت التيار بعد الفيضان أحدثت اضطراب في الحاصلات الزراعية في وادي النيل .

الأثار البيئية الأخرى للسدود تشمل للتأثيرات الضارة على نوعية المياه ودرجة حرارة المياه وزيادة للنيتروجين المذاب بما كان السبب في التأثير على الثروة السمكية في كثير من بلاد العالم .



شكل (19-6) الترسبات في الخزان تككل من طاقته

في تخزين المياه مع الوقت يصبح الخزان ممتلئاً بالرواسب

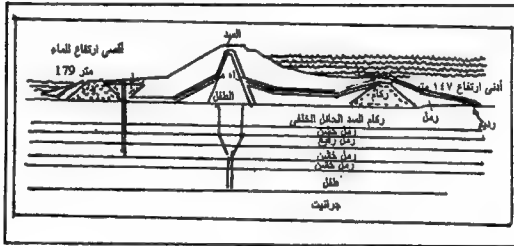
السد العالي بأسوان وبحيرة ناصر :

أ السد :

بنى السد العالي على مرحلتين تم في الأولى تحويل مجرى النهر وبناء سدّين بعرض المجرى لكشف قاع النهر الذي كان سيبنى عليه جسم السد . وقد انتهى بناء هذين السدين وتحويل مجرى النهر في مايو سنة 1964 وفي المرحلة الثانية تم بناء السد نفسه وهو صرح يبلغ عرضه عند قاعدته 980 متراً يتكون من نواه من الطلّ تغطيها طبقات من ركام الجرانيت والرمال تدعمها ستارة أفقية من الرمال الناعمة المانعة لتسرب المياه وقد ادمج في جسم النواه سداً لتحويل الامامي والخلفي للذان كانا قد بنيا بغرض تحويل مجرى النهر الشكل (20/6). ويبلغ ارتفاع السد 111 متراً فوق قاع النهر (الذي يبلغ منسوبه 85 متراً فوق سطح الأرض) وعرضه حوالي 40 متراً عند القمة ويرسو السد العالي فوق ستارة رأسية لا تتفد منها المياه بعمق مائتي متر من اسفل النواه حتى صخر الاساس الجرانيتي. ويبلغ طول السد عند قمته 3600 متر منها

لنمية الموارد المائية في الوطن العربي

520 متر بين ضفتي النيل ويمتد الباقي على هيئة جناحين على جانبي النهر ويبلغ طول الجناح الايمن 2325 متر على الضفة الشرقية وطول الجناح الايسر 755 مترا على الضفة الغربية . وتقع محطة توليد القوى على الضفة الشرقية للنيل معترضة قناة التحويل التي تزود التربينات بالمياه خلال ستة انفاق متوسط طول الواحد منها حوالي 282 مترا صممت بحيث تسمح بمرور أقصى تصريف للقناة بداخلها ، وهو حوالي 11000 متر مكعب في الثانية (حوالي مليار متر مكعب في اليوم) ومحطة توليد الكهرباء التي بنيت عند مخرج الانفاق 12 وحدة توليد مائية قدر كل منها 175.000 كيلووات أى ان القدرة الاجمالية للمحطة هي 2.1 مليار كيلووات تنتج طاقة سنوية قدرها 10 مليار كيلووات تنتج طاقة سنوية قدرها 10 مليار كيلووات ساعة .



شكل (20-6) مقطع عرضي في السد العالي

(بحيرة ناصر)

بدأ الخزان في سنة 1964 عندما ادمج سد التحويل ناحية أعلا النهر في جسم السد العالي وقد صمم الخزان بحيث يكون أقصى ارتفاع لمياهه هو 98 مترا فوق قاع النهر (أو 183 مترا فوق سطح البحر) وعند هذا المنسوب يمتد الخزان الى مسافة 500 كيلو متر حتى اخر الشلال الثاني مكونا بحيرة هائلة تغطي النوبة المصرية بأكملها وجزء من النوبة السودانية بعرض يبلغ متوسطه حوالي 10 كيلو مترات . وي زيد هذا العرض عند مصبات اللوديان والاقوار التي يمتد فيها . ومساحة الخزان عند منسوب امتلائه 6500 كيلو متر مربع وحجمه عند هذا المنسوب 168 مليار متر مكعب منها 31 تقع تحت منسوب 145 متر فوق سطح البحر وهي محجوزة للتخزين الميت أى لتجميع

الطمي الذي يحمله النهر إلى البحيرة و 90 مليار متر مكعب للتخزين الحي القابل للاستخدام السنوي بين منسوبي 145، 175 متراً فوق سطح البحر أما ما زاد عن ذلك فهو فضار للوقاية ولاستخدامه في فترات الفيضان الواسعة . ويعرف الخزان باسم بحيرة ناصر في الجزء المصري وباسم بحيرة النوبة في الجزء السوداني على أن معظم المؤلفين يسمون الخزان بحيرة ناصر عند الكلام عن الخزان كله .

وقد تم تعديل المنسوب الأعلا للخزان بعد بناء السد وإتمام رفع الخرائط الطبوغرافية التفصيلية لمنطقة السد وخفضه إلى 178 وذلك بسبب أن منطقة وادي توشكى التي تقع على الضفة الغربية للبحيرة بحوالى مائتى كيلو إلى الجنوب من أسوان تقل في ارتفاعها عن المنسوب الاصلى الذى صمم الخزان عليه بما كان سيسبب قرب المياه منها .

الباب الثاني

خفض الفقد من مياه العيون
ومياه الأمطار والسيول وشحن الخزان الجوفي

الفصل السابع

تكنولوجيا استمطار السحب

الفصل السابع

تكنولوجيا استمطار السحب

السحب من الظواهر الجوية الأساسية في طبقة التروبوسفير منها ينزل المطر حيث

يشاء الله

يتكون المطر من قطرات مائية يزيد قطرها عادة عن 2/1 ملليمتر وتتقسم أنواع المطر الى خفيف ومتوسط وثقيل فالمطر الخفيف ما يجمع منه حتى 2/1 ملليمتر فوق كل سم² من سطح الأرض والمتوسط ما تجمع منه حوالي 2/1 ملليمتر على كل سم² والثقيل ما تجمع منه أكثر من 4 ملليمتر على سم² من سطح الأرض في الساعة. ويعادل ملليمتر واحد من المطر الساقط على مساحة قدرها 1 متر مربع مقدار وزن كيلو جرام من الماء . ولابد من توفر الظروف الجوية المناسبة من درجة الحرارة وكمية بخار الماء بحيث لا يزداد التبخر من سطح قطرات الماء نحو 50 قطرة في المتر المكعب من الهواء عندما يكون المطر زلذا وقد تحدث اختلالات في مكونات السحاب وقد يرش السحاب بأبخرة ثاني أكسيد الكربون أو بقاتل الثلج الجاف المكون من بللورات ثاني أكسيد الكربون المبرد الى نحو 80 م تحت الصفر المئوي مما يريده من قطرات الماء حيث يتجمع جزيئات البحار حول بللورات التكاثف التي تعمل على اجتذابها فتتجمد القطيرات وتصبح قطرات تنزل على هيئة أمطار في كثير من الاحيان وقد تستخدم أنواع من نويات التكاثف التي تجتذب بخار الماء الجوي مكونه قطيرات مائية ما تلبث أن تنمو في السحاب فتتساقط على هيئة أمطار ، ومن نويات التكاثف التي ترش على السحب أبخرة على هيئة أمطار ومن نويات التكاثف التي ترش على السحب أبخرة يوديد الفضة التي تستخدم فيما يطلق عليه اسم المطر الصناعي .

ومن الضروري بمكان معرفة مواصفات السحاب الذي يراد استمطاره ويتم استطلاع ذلك باستخدام رادار الطقس الذي يمكن من دراسة المحتويات للمائية وشكل القطرات وأحجامها وتيارات الهواء المتدافعة بين جنبات السحاب ومن ثم توجيه الطائرة التي جهزت لبذر بزور التكاثف (ليوديد فضة ، ثلج جاف من ثاني أكسيد الكربون ، مياه عالية الملوحة) .

وتتخذ لجراءات زراعة السحاب حسب النوع المناخ والذي تم استطلاعها حيث يتطلب الأمر في بعض الاحيان نثر البذور (Cloud Seeding) في أعلا السحاب وفي

بعض الاحيان يتم نثر البذور عند قاعدة السحاب إذا كانت الرأسية نشطة إلى أعلى وأحيانا يتم نثر البذور من قواعد أرضية مع الاستفادة من تيارات الهواء الرأسى فى تخصيب السحاب .

وللمطر الصناعى عدة فوائد منها على وجه التحديد توصيل وتوزيع مفادير من المياه إلى أماكن لا تصلها مياه الأنهار دون ما حاجة إلى شق قنوات أو ترع ، كما أنه يمكن استخدام عمليات المطر الصناعى فى التخلص من أحمال المطر . فى مناطق مناسبة قبل أن تسقط فوق تجمعات سكانية أو إنشاءية فتحطم المباني وتتلط الطرق المرصوفة ومن الفوائد أيضا إمكانية التخلص من الشوائب والملوثات الجوية التى يزداد تركيزها وللتى تصل إلى درجة ضارة بالصحة .

ومن أمثلة الاستفادة من الأمطار المباشطة على المناطق البعيدة عن الأنهار وما أجرته سوريا وكذلك مشروع استمطار السحب فى كل من دولة الإمارات العربية ومشروعات السعودية فوق جبال عسير ومشروعات المغرب ، كما أن هناك العديد من المشروعات فى الدول الغير عربية كاليهند وباكستان ،إسرائيل وهذه تجرى مشروعاتها منذ عام 1950 بصفة فصلية شبه مستمرة باستخدام مياه البحر الميت وترش فوق السحب .

ومن بين استخدام استمطار السحب للتخلص من الأمطار كما حدث فى روسيا الاتحادية بمناسبة الاحتفال بمرور 50 عاماً على الانتصار على النازية حيث تم التخلص من أنواع السحب فى مناطق بعيدة عن الكرملين حتى لا تقصد الاحتفال بهطول الأمطار . وهناك تجارب سابقة فى روسيا للتخلص من التلوث الجوى بإسقاط الأمطار لعمل غسيل للغلاف الجوى .

وتتجه الجهود فى مصر نحو إجراء مشروع استمطار تجريبى بالتنسيق مع الصين والقوات المسلحة والدول التى لها تجارب رائدة فى هذا المجال ، ويصلح الاستمطار فى مصر فى فصول الخريف والربيع والشتاء فى مناطق مرتفعات البحر الأحمر وسيناء والساحل الشمالى وتكلفة استمطار السحب على المناطق البعيدة أقل بكثير مقارنة بنقل المياه إلى هذه المناطق

الياه السالة

الملوثات فى المياه والمعالجات لتحسين

نوعية المياه الجوفية وإضافة موارد مائية جديدة

الفصل التامه

الملوثات فى المياه

الفصل التاسع

معالجة المياه الجوفية

الفصل العاشر

اعذاب المياه [كمورد مائى اضافى]

الباب الثالث

الملوثات في المياه والمعالجات لتحسين
نوعية المياه الجوفية وإضافة موارد مائية جديدة

الفصل الثامن

الملوثات في المياه

الفصل الثامن

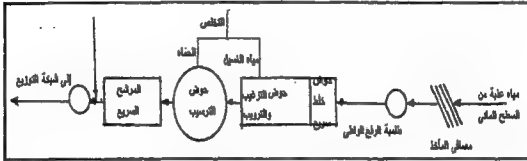
1- الملوثات في الماء

الملوثات في الماء مهما كان مصدرها تكون في أربع صور رئيسية وهى مواد عالقة عضوية أو غير عضوية ومذابة عضوية أو غير عضوية وغازات مذابة وكائنات حية دقيقة. فالمياه التى تتبخر من المسطحات المائية كالبهار والمحيطات والبحيرات والمجارى المائية تتكثف فى طبقة الغلاف الجوى (التروبوسفير) وتعود ثانية إلى الأسطح المائية واليابسة حيث يتبخر جزء منها ويعود ثانياً إلى الجو والجزء الآخر يرسب مكوناً مجارى المياه العذبة فى الأنهار والوديان وجزء منه يتمرب إلى جوف الأرض مكوناً الخزانات الجوفية ومياه الأمطار أثناء سقوطها تحدث إذابة لبعض الغازات منها غاز الأكسجين الذى تصل نسبة إذابته وتشبع الماء به إلى حوالى 9.6 جزء فى المليون وهذا الغاز لا يعتبر من الملوثات حيث أنه يعطى للماء مذاق الاستساغة والقبالية للشرب كما تنوب غازات أخرى منها غاز ثنائي أكسيد الكربون والذى يذوب بنسبة كبيرة وهو يعتبر من الملوثات لأنه غاز حامضى ويحول الماء من حالة التعادل إلى الحموضة وكذلك قد تنوب فى مياه الأمطار . غازات أخرى مثل الغازات النيتروجينية والكبريتية التى توجد فى هواء المدن للصناعية وهذه تزيد من حموضة المياه. كذلك فى المناطق الساحلية حيث بخار الماء المحتوى على الأملاح المذابة ومنها كلوريد الصوديوم فإنه يحدث لتقاط لهذه الأملاح فى بخار الماء هذا بالإضافة إلى الأملاح الموجودة فى الأتربة والغبار الجوى الذى يضيف إلى المياه أملاح مذابة ومواد صلبة عالقة. وعند وصول المياه إلى سطح الأرض فإنها تكتسب إضافات أخرى من المواد المذابة للعضوية وللغير عضوية وكذلك المواد العالقة للعضوية وللغير عضوية. وفى المسطحات المائية تختفى غالباً الغازات الحامضية لما يتفاعلها مع مواد للتربة وتحولها إلى مواد مذابة فى الماء أو أن تعود ثانية إلى الجو بفعل الضغط الجزئى لهذه الغازات حيث نسبتهما ضئيلة فى الهواء الجوى ومن ثم فإنها تعود إليه محققة الاتزان فى الضغط الجزئى بين الماء والهواء .

وفي المسطحات المائية تحتفظ المياه بالتركيز العالي من الأكسجين (تركيز التشبع) 9.6 جزء في المليون (نظرا لوجود الأكسجين في الهواء الجوى بنسبة عالية 20%) وذلك في الطبقات العليا من سطح الماء حيث يساعد على نمو وتكاثر النباتات المائية (بفعل التمثيل الكلورفيللى ليلا ، وكذلك نمو وتكاثر الكائنات الحيوانية ومنها الكائنات الحية الدقيقة التي توجد نتيجة إقرازت الأنشطة الإنسانية والحيوانية ومنها ما هو مسبب للأمراض ، وكذلك نمو وتكاثر الأسماك في الطبقات العليا من المسطح المائى يظل الماء محتفظا بتركيز التشبع للأكسجين المذاب نظرا لتعويض المستهلك بواسطة الكائنات الحية النباتية والحيوانية من لكسجين للهواء الجوى . ولكن من قاع السطح المائى حيث ترسب المخلفات العضوية والنباتية ومع انخفاض او عدم وجود الأكسجين المذاب فإن هذه المواد العضوية تتحلل إلى مركبات ثابتة لا هوائية وكذلك غازات ملوثة مثل غاز ثنائي اكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين وكذلك غاز الميثان وهذه الغاز تسبب الرائحة والمذاق الغير مستساغ للماء وعند المعالجة التقليدية لمياه الشرب بالمرويات والمرشحات لا يتم التخلص منها نهائيا بما يتطلب معالجات خاصة تضيف الى تكاليف المعالجة. ومن هذه المعالجات الخاصة استخدام الكربون المنشط في المرشحات أو استخدام أبراج التهوية لازالة هذه الغازات (Degisifying Towers) . لذلك فإنه عند سحب المياه من المسطحات العذبة لمعالجتها لأغراض الشرب فإنه يتم تصميم المآخذ الثابتة أو الطافية لسحب المياه على عمق حوالى من 1 إلى 1.5 متر من سطح الماء . لذلك فإن خطة إعداد المياه للشرب من المصادر السطحية العذبة تبني أساسا على التخلص من المواد الصلبة العالقة وهي عكارة الماء وكذلك للقضاء على الكائنات الحية الدقيقة ويتم ذلك بعمليات الترسيب واستخدام المرويات ثم الترسيب والترشيح والتطهير لقتل الكائنات الميكروبية بالكلور أو الأوزون أو المطهرات الأخرى.

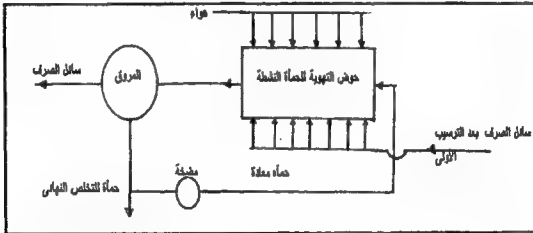
ولا تحتاج مياه المصادر العذبة لازالة الملوحة حيث ان نسبة الأملاح المذابة عادة تتراوح ما بين 200 الى 500 عدا في حالة الصرف لمياه الصرف المعالج الصحي أو الصناعى فقد تزيد عندنسبة الأملاح المذابة إلى حوالى 700 جزء في المليون ومع ذلك تظل هذه النسبة أى حدود المعايير المقررة لاستخدام المياه فى الشرب وتمثل

الكائنات الحية الدقيقة التهديد الرئيسي لصحة الإنسان حيث تحتوي على أنواع كثيرة منها البكتيريا المرضية والفيروسات والبروتوزوا والطحالب والفطريات وهذه تسبب كثيرا من الأمراض الوبائية وكذلك في حالة تعرض المصدر المائي العذب إلى الصرف الغير معالج لمياه الصرف الصناعي من الصناعات المعدنية أساسا أو من مياه الصرف الصحي المعالج المحتوي على مياه صرف صناعي فإنه قد يحتوي على معادن ثقيلة والتي تسبب الأمراض المزمنة ويزال نسبة من بعض أنواعها بالمرويات . (شكل 8/1) مخطط تنقية المياه للشرب .



شكل (8-1) مخطط لمحطة معالجة وتنقية المياه العذبة

لأغراض التربة والاستخدام المنزلي



شكل (8-2) مخطط للمعالجة لمياه الصرف الصحي بالحصاة المتحركة بالتهوية المرحلية

بالنسبة لمصادر المياه من الخزانات الجوفية وإن كانت عموماً خالية من المواد الصلبة العالقة العضوية والغير عضوية ذلك بسبب حجز هذه المواد في مسام التربة أثناء تسرب المياه إلى الخزان الجوفي وذلك عند ضخ المياه من الآبار الجوفية ، وكذلك فإن المياه تكون عادة خالية من الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض وذلك عند فتح المياه من أعماق تزيد عن 60 متر من سطح الأرض حيث تتخلل هذه الكائنات لا هوائياً إلى مركبات ثابتة وغازات .

المياه الجوفية في حالة قربها من سواحل للبحار تكون ذات ملوحة مثل ملوحة مياه البحر من 25 إلى 40 ألف جزء في المليون وهذه يتم معالجتها بالتقطير الحراري للحصول على مياه صالحة للاستخدام المنزلي / أو للصناعة أو الري وقد تكون نسبة الملوحة أقل من ذلك من 2000 إلى 15 ألف جزء في المليون وهذه المياه تسمى المياه الخمضاء أو الزاغة (Brakish water) وهذه يتم معالجتها بطريقة الدبازة الكهربائية أو القفز الكهربائي (Electro dialysis). المياه الجوفية العذبة قد تحتوي على ملوثات أخرى منها الأحماض الناتجة عن تحلل بعض المخلفات النباتية مثل حامض الفوليك والهيوميك وهذه تسمى المركبات العضوية المتطايرة (Valatile Organic Chemical voc.s) وهذه الأحماض العضوية سريعة التفاعل مع الكلور في شبكة للتوزيع مكونة مادة للترابى هالوميثان الممرضة ويتم التخلص منها إما بالتهوية في أبراج التهوية أو بالامتصاص على حبيبات الفحم المنشط أو بخلطها بمياه المسطحات العذبة ومعالجتها بالمرويات والتي تتمكن من إزالتها وهي لا تتحلل إلى مواد بسيطة. وطبقاً لنوع التربة الحاملة للمياه الجوفية تتأثر نوعية المياه الجوفية في حالة إذابة مواد للتربة بفعل ثاني أكسيد الكربون للمذاب في الماء الناتج عن التحلل اللاهوائى للمواد العضوية المذابة والكائنات البكتيرية مكونا حامض الكربونيك مع الماء ، وهذا الحامض يتفاعل مع مواد التربة الغير مذابة مكونا مواد مذابة. ففي حالة التربة من الحجر الجيري تنوب أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم مسببة عسر الماء وهذا العسر يلزم إزالته في حالة الاستخدامات للمياه في بعض الاستخدامات الصناعية ولتغذية غلايات إنتاج البخار لتوليد الطاقة الكهربائية ، حيث تستخدم لذلك المعالجات الكيماوية والتبادل الأيوني أما في حالة استخدام هذه المياه لأغراض الشرب فإنه يتم خفض العسر إلى الحدود

المقررة وهى من 85-120 جزء في المليون مقيما ككربونات كالسيوم. وفي هذه الحالة تستخدم المعالجة الكيماوية لخفض العسر لئلا يند في مياه للشرب .

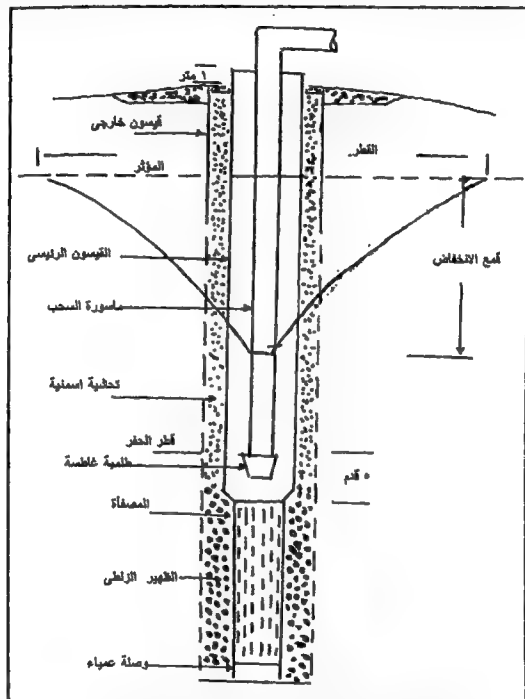
يظهر تأثيره في إعداد المشروبات وطهى الطعام وكذلك قد يكون له اثار ضارة على الأوعية الدموية وأمراض القلب .

قد يحدث التلوث للمياه الجوفية بأملاح الحديد والمنجنيز وذلك في حالة تربة الخزانات الجوفية من لطفل المحتوى على هذه الأملاح. وهذه الأملاح تكون في الشكل الغير مذاب (أملاح الحديد ثلاثى التكافؤ والمنجنيز رباعى التكافؤ) وعند تعرض هذه المركبات لظروف الاختزال وخاصة نتيجة تطل المواد العضوية التى تستهلك الأكسجين وتنتج ثانى أكسيد الكربون. عندئذ فإن مركبات الحديد والمنجنيز عالية التكافؤ تتحول إلى ثلثية التكافؤ المذابة في الماء ولتى لا لون لها ، ولكن عند ضخ المياه الجوفية وتعرضها لأكسجين الهواء الجوى فإن هذه الأملاح المذابة تتأكسد وتتحول إلى أملاح مذابة وتظل عالقة في الماء حيث تكسب الماء اللون البنى الطوبى وكذلك المذاق المعدنى الغير مستساغ للشرب ، هذا بالإضافة الى سوء نوعية هذه المياه في الاستخدامات المنزلية ذلك لأنها تترك طعم وبقع حمراء على الأجسام الملامسة عند غسلها بهذه النوعية من المياه كما انها لا تصلح للاستخدام في الرى بطرق الرى الحديث كالرى بالرش والتتقط. ذلك لأنها تسبب الانسداد لفتحات خروج المياه والأنابيب . أملاح الحديد والمنجنيز تسبب العسر للمياه مثل أملاح الكالسيوم والمغنسيوم .

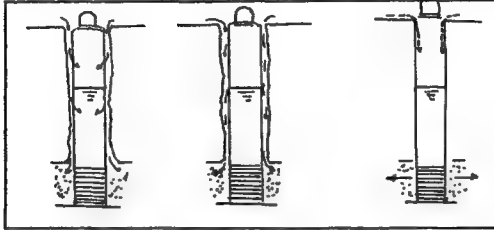
قد توجد أملاح الحديد في المياه الجوفية بتركيزات تصل حتى 25 جزء في المليون أو أكثر والمنجنيز عادة تكون نسبته اقل من نسبة الحديد وتكون في حدود واحد جزء في المليون ، اما مركبات الحديد مع المواد العضوية فهى عادة تكون في شكل هلامي غروى (Colloidol) ولتى تحتجز بواسطة جزيئات للتربة أما في حالة وجود هذه المواد الغروية في المياه السطحية (وهذا نادرا ما يحدث بالنسبة لمياه النيل) فإنه يلزم معالجة المياه بمحلول زين الجير القلوى $Ca(OH)_2$ لتكسير المركب الهلامي من المواد العضوية والحديد حتى يمكن أكسدته بالهواء الجوى أو بالمواد الكيماوية .

ولإزالة الحديد والمنجنيز من مياه الآبار فإنه يلزم عمل عدة مراحل لتلخيص أساساً في تهوية المياه في أبراج التهوية لأكسدة نسبة من الحديد ثم معالجة المياه بالكلور لأكسدة كل الحديد ثم الترسيب يلي ذلك أكسدة المنجنيز بالبرمنجانات أو الأكسدة بالكلور عند رقم هيدروجيني 9 ثم الترسيب للمواد المؤكسدة العالقة باستخدام للشبه (كبريتات الألومنيوم) ثم الترسيب والترشيح .

وفي بعض الحالات يحدث تلوث للمياه الجوفية التي يتم ضخها من البئر بالملوثات العضوية والبكتيرية وذلك في حالة تآكل وتلف قيسون البئر حيث تتسرب المياه من طبقة التشبع العليا فوق منسوب خط المياه الاستاتيكي أو من سطح التربة وهذه المياه عادة تكون محملة بالملوثات. السبب في حدوث هذا التآكل هو عدم عمل طبقة تغطية الإسمنتية بين السطح الخارجي للقيسون والقطر الداخلي للحفر، (Grouting) من المونة الإسمنتية بين السطح الخارجي للقيسون والقطر الداخلي للحفر طبقة المونة تحقق عدم النفاذية لتسرب المياه بالإضالة إلى إنها تعمل على حماية السطح الخارجي للقيسون حيث تحقق له الحماية الأنبوية بتكوين طبقة حماية من أكسيد المعدن (الحديد) وطبقة الحماية الأنبوية هذه تتكون عند رقم هيدروجيني 12.5 والذي هو للمونة الإسمنتية الشكل (2/8/ب) يوضح حالات التلوث نتيجة تآكل القيسون ، ومكونات البئر .



شكل (3-8) مخطط لمكونات بئر الضخ. سرعة للمياه داخل المصفاة لا تزيد عن 3 سم/ث، سرعة المياه في مأسورة السحب لا تزيد عن 1.5 متر/ث



شكل (3-8-ب) حالات التلوث لمياه الأنهار

مياه الصرف الصحي : مياه الصرف الصحي تحتوي على تركيزات من الأملاح المذابة تصل إلى حوالي 1000 جزء في المليون ولكن هذا لا يؤخذ في الاعتبار عند معالجة هذه النوعية من المياه حيث تعتبر الملوثات من الصرف الصحي هي المواد العالقة (العضوية - الغير عضوية الغير مذابة العالقة والطافية) وكذلك المواد الغروية (Colloidal) العضوية المذابة والكائنات الحية الدقيقة ، وتجرى المعالجة للتخلص من المواد العالقة والطافية باستخدام المصافي وأحواض الترسيب والطفو أما المواد العضوية المذابة الغروية فإنه يتم التخلص منها بالمعالجة البيولوجية حيث تستخدم أحواض التهوية للمعالجة الهوائية حيث تتغذى للكائنات الحية الدقيقة على هذه المواد العضوية المذابة وتنمو وتتكاثر مكونة للحماة التي يتم التخلص منها بالترسيب. وفي عمليات المعالجة بالحماة المنشطة تستخدم للتهوية لميكانيكية أو بضغط الهواء، في المعالجة البيولوجية بالمرشحات الزلطية يتم للتصاق مياه التلوث من أزرع الرشاشات بالهواء الجوى حيث تنشط البكتيريا الهوائية وتتغذى على المواد العضوية المذابة وتنمو وتتكاثر على السطح الخارجى لحبيبات المرشح للزلطى ثم تسقط فى قاع المرشح ويتم التخلص منها فى شكل الحماة المرسبة بالترسيب .

وتوجد طرق أخرى للمعالجة البيولوجية للهوائية حيث يلزم توفر الأكسجين للمو
ونكاثرات البكتيريا منها الأحواض الموهو و برك الأكسدة وكذلك طرق المعالجة
اللاهوائية حيث تنشط البكتيريا اللاهوائية وتتغذى على المواد العضوية وتنمو وتتكاثر
لنهبه الموارد المائية فى الوطن العربى

بدون وجود أكسجين الهواء الجوى كما توجد المعالجة المشتركة (Facultative) حيث ينشط هذا النوع من البكتيريا فى وجود الهواء الجوى وفى عدم وجود الهواء الجوى. ويقدر الحمل العضوى من المواد الهلامية القابلة للتحلل البيولوجى بالأكسجين الحيوى المطلوب (Biological Oxygen Demand – BOD) وذلك بالنسبة للمواد العضوية القابلة للتحلل الهوائى البيولوجى اما المواد العضوية الغير قابلة للتحلل البيولوجى والتي تسمى المواد المنيعة (Refractory) فإن الحمل العضوى منها يقدر بالأكسجين الكيماوى المطلوب (Chimecal Oxygen – Demand) .

ومن المولوثات التى توجد فى مياه الصرف الصحى المعالج مركبات النيتروجين والفوسفور . مركبات النيتروجين يتم التخلص منها بالمعالجة للهوائية ثم اللاهوائية حيث تتحول الى غاز النيتروجين ويختلط الهواء الجوى لما مركبات الفوسفور فإنه يلزم للمعالجة الكيماوية باستخدام كبريتات الالمنيوم كروب . شكل (8/3) مخطط معالجة الصرف الصحى بالحماة المنشطة .

مياه للصرف الصحى للمعالج فى حالة التخلص بالصرف على المسطحات المائية فإن ما تحويه من مركبات النيتروجين والفوسفور يسبب السمية للكائنات الحيوانية (الأسماك) هذا بالإضافة إلى أنها تعتبر غذاء للكائنات النباتية التى تنمو وتتكاثر مسببه مشكلتين أولهما هى الفقد فى الماء نظرا لما تمتصه هذه النباتات من كميات كبيرة من الماء والثانية هى إعاقة التدفقات فى المجرى المائى بما يحد من قدرته على المعالجة الذاتية وكذلك حجب وصول لكسجين للهواء الجوى الى الماء. ولذلك فإن أفضل طريقة للتخلص من مياه الصرف الصحى المعالج هو استخدامها فى الري والزراعة للزراعات التى لا توكل طازجة. أما بالنسبة الى للمجارى المائية فيكفيها ما يصل إليها من مركبات النيتروجين والفوسفور الأسمدة الكيماوية المستخدمة فى الزراعة والتي تصل الى المصارف والمسطحات المائية العذبة الأخرى فى حالة انخفاض منسوب المياه فيها .

مياه الصرف الصناعى : المولوثات فى مياه الصرف الصناعى تختلف طبقا لنوع الصناعة وطبقا للخدمات المستخدمة وتكنولوجيا الإنتاج للمنتج الواحد. وكذلك تختلف من ناحية الكم وتركيز المولوثات فيما بين أوقات العمل وأوقات التوقف والراحات

والأجازات وما بين الليل والنهار ، وكذلك بالنسبة للإنتاج المستمر أو إنتاج الدفعات (Batch) .

مياه الصرف الصناعي تشمل جميع أنواع الصناعات المعدنية والبتروولية والكيمياوية والدوائية والغذائية ودباغة الجلود والسمجية .. الخ

لذلك فإن معالجة مياه الصرف الصناعي تتوقف على نوع الصناعة وتقنيات الإنتاج. تبني خطة للتخلص من الملوثات من مياه الصرف الصناعي على متغيرات كثيرة طبقاً لظروف كل منشأة صناعية واقتصادية للتخلص من الملوثات ، حيث قد تشمل تحديث وتطوير نظم الإنتاج واستخدام خامات بديلة بما يحقق الحد من الملوثات أو تبسيط تقنيات معالجتها. ولخفض التلوث فإنه يتم البدء بالتنظيم الجيد للداخل لوحدة الانتاج (Good House Keeping) والذي يتضمن الحفاظ على النظافة للحد من التلوث وكذلك الفصل وعدم الخلط لكل نوع من أنواع التلوث في كل قسم من اقسام الانتاج (Segregation of the waste) - يمكن معالجة الملوثات كل على حدة حيث يكون من السهل معالجة جم صغير من مياه للصرف بدلاً من إزالة نوعيات مختلفة من الملوثات من حجم كبير .

الملوثات من مياه الصرف الصناعي قد تشمل ملوثات تقليدية مثل المواد الصلبة الطافية والعالقة وكذلك ملوثات خاصة مثل الحموضة أو القلوية ، المعادن الثقيلة المذابة، والمواد السامة المذابة مثل مركبات السيانيد ، المواد العضوية المذابة والغازات المذابة .

مياه الصرف الصناعي بما تحمله من الملوثات يلزم المعالجة المسبقة لها اما للصرف على شبكة مواسير للصرف الصحي او للصرف على المسطحات المائية حيث يجب أن تحقق هذه المعالجة المسبقة معايير للصرف المقررة. وفي حالة إعادة الاستخدام للمياه فإنه يلزم الإزالة الكاملة للملوثات بما يحقق إعادة استخدام للمياه بطريقة آمنة .

الملوثات في خطوط مواسير النقل وتوزيع مياه الشرب المعالجة : إن التلوث في خطوط مواسير نقل وتوزيع المياه قد يحدث تلوث للمياه بدخلها وكذلك للتسرب والفقد

للمياه المعالجة ويرجع هذا لتلف إلى تآكل المواسير أو لتفكك الوصلات أو لأسباب أخرى ، وهذا التلف في المواسير وما يسبب من تسرب للمياه له آثار سلبية اقتصادية وبيئية ففي حالة خفض الضغط في الشبكة أثناء استخدام مضخات الرفع المنزلية لتغذية الأدوار العليا بالمياه أو أثناء التوقف عن الضخ في الشبكة لأعمال الإصلاح فإن المياه الجوفية أو مياه طبقة التشبع التي تحيط بخط المواسير بما تحمله من ملوثات يمكن أن تدخل إلى مواسير المياه من خلال تقوُّب التآكل أو مواقع لتفكك في الوصلات وبذا يحدث تلوث للمياه في الشبكة .

ويرجع التلف بالإضافة إلى التآكل لما يحدث المطرقة المائية أو بسبب الاضطراب الهيدروليكي الناتج من ضعف في التصميم أو في عمليات الفتح والقفل المفاجئ في المحابس . هذا بالإضافة إلى أن تآكل السطح الداخلي للمواسير المعدنية أو طبقة الحماية الداخلية سواء كانت من المواد العضوية أو من المواد الغير عضوية يضيف كذلك إلى أسباب التلوث في خطوط مواسير نقل وتوزيع المياه المعالجة . وهذا يتطلب رصد وقياس نوعية المياه في الشبكة وكذلك المحافظة على جرعة المطهر من الكلور لتكون لا تقل عن 0.2 جزء في المليون عند آخر مستخدم في نهاية الشبكة. هذا بالإضافة إلى أهمية غسل وتطهير الشبكة بالكلور بعد عمليات التوقف للإصلاح أو الصيانة وكذلك المحافظة على ثبات ضغط المياه في الشبكة وذلك من خلال الخزانات العالية أو أجهزة الضغط الهوائي للضغط في جميع أجزاء الشبكة .

الباب الثالث

الملوثات في المياه والمعالجات لتحسين
نوعية المياه الجوفية وإضافة موارد مائية جديدة

الفصل التاسع

معالجات المياه الجوفية

الفصل التاسع

معالجة المياه الجوفية

اولاً: إزالة [خفض] عسر المياه بالطرق الكيماوية

للشرب وللإستخدام المنزلى

1 - مقدمة :

عسر المياه هو الخاصية التى تمنع تكون الرغوة عند استخدام الصابون ، حيث يزداد استخدام الصابون عند استخدام المياه العسر ، وكذلك توجد علاقة بين عسر المياه وأمراض القلب . قيمة عسر المياه لأغراض الشرب والاستخدام المنزلى هى 85 جزء فى المليون (مقبلاً ككربونات الكالسيوم) .

عسر المياه يكون غالباً بسبب وجود مركبات للكالسيوم والمغنسيوم المذاب فى المياه وبعض العسر يرجع الى وجود الاسترنيوم والحديد والمنجنيز . هذه المركبات تكون موجوده فى شكل البيكربونات والكبريتات وفى بعض المياه تكون فى شكل الكلوريدات والنترات .

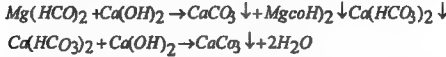
يسمى العسر بعسر للكاربونات فى حالة وجود أملاح العسر فى شكل البيكربونات أما عسر الغير كربونات فتكون أملاح العسر فى شكل الكلوريدات أو النترات أو الكبريتات . ويسمى عسر الكربونات بالعسر المؤقت وعسر الغير كربونات بالعسر المستديم .

2 - إزالة عسر المياه لأغراض الشرب :

يستخدم الترسيب الكيماوى فى معالجة المياه لازالة العسر ولإزالة الحديد والمنجنيز . وهو مؤثر كذلك فى إزالة المعادن الثقيلة والعناصر المشعة فى حالة وجودها وكذلك إزالة المواد العضوية المذابة وخفض المحتوى من الكائنات الحية الدقيقة مثل البكتيريا والفيروسات

أ - خفض العسر فى المياه لاستخدامها فى الشرب :

عند إضافة لبن الجير (هيدروكسيد الكالسيوم ويسمى كذلك الجير المطفئ ويرمز له بالرمز $(CaOH)_2$) الى الماء المحتوى على عسر مؤقت تحدث التفاعلات الآتية :



تستخدم هذه الطريقة فقط فى إزالة أو تقليل عسر المياه المؤقت وخاصة ليكون من 85-120 جزء فى المليون (مقيم ككربونات كالسيوم) فى حالة وجود العسر المؤقت والعسر المستديم فى الماء فإن إزالة العسر تتم بطريقة إزالة العسر المستديم كما فى حالة إزالة العسر المستديم كما فى حالة إزالة عسر المياه لانتاج مياه الغلايات .

ب - إزالة العسر بطريقة الجير - الصودا على البارد Cold lime - Softening
إزالة العسر بطريقة الجير - الصودا هى عملية تتم بالترسيب الكيماوى لعسر الكالسيوم والمغنسيوم باستخدام لبن الجير والصودا (Na_2CO_3) . تختلف عملية إزالة العسر طبقاً لحالة المياه الخام ومتطلبات الاستخدام للمياه .

فى بعض الحالات يكون المطلوب هو المعالجة الجزئية فقط ففى حالة مياه الشرب يتم إزالة العسر حتى 85 جزء فى المليون من العسر الكلى (مقيم ك $(CaCO_3)$) .
ج - كيماويات إزالة العسر :

يمكن إزالة العسر الكلى للمياه فى (العسر المؤقت والعسر المستديم) باستخدام الكيماويات الآتية

1. مادة الترويب مثل مروب كبريتات الألومنيوم وكبريتات الحديدوز أو الحديديك.
2. لبن الجير على أن يكون نقاءه لا يقل عن 93% لأكسيد الكالسيوم CaO .
3. الصودا (Na_2CO_3) بنقاء لا يقل عن 99.2% .
4. كلوريد الكالسيوم $(CaCl_2)$ فى حالة زيادة القلوية عن العسر .

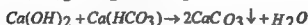
د - كيماويات إزالة العسر:

كلا من الكيماويات المستخدمة فى إزالة العسر له مهمه معينة عند اضافته الى الماء مع الخلط الجيد ثم اعطاء الوقت الكافى اللازم للتفاعل. ولتنفيذ ذلك يجب الحساب الدقيق للجرعات المطلوبة من واقع التحاليل المعملية للمياه . يتم اولاً حساب القلوية الناتجة عن

وجود الكالسيوم والمغنسيوم كأملاح مذابة في الماء وتسمى قلوية الكالسيوم والمغنسيوم وفي حالة وجود قلوية زائدة عن عسر الكالسيوم والمغنسيوم فإنها تسمى قلوية الصوديوم (لوجود أملاح الصوديوم المذابة في الماء) . وفي حالة نقص القلوية عن عسر الكالسيوم والمغنسيوم ، وعندئذ فإن كمية العسر الزائد عن القلوية تسمى عسر الخير كربونات أى العسر المرتبط بأيونات الكلوريدات والكبريتات والنترات لأملاح الكالسيوم والمغنسيوم .

(1) لين الجير $Ca(OH)_2$:

يتفاعل لين الجير (أو الجير المطفئ) للترسيب الكيماوى لعسر الكربونات الموجودة في الماء لانتاج المركبات الغير مذابة من كربونات الكالسيوم وبيروكسيد المغنسيوم . تختلف الجرعة المطلوبة طبقا لقلوية المياه .
كذلك يتفاعل $Ca(OH)_2$ مع CO_2 للموجوده والمذابة في الماء .

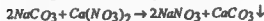


الكميات المطلوبة يمكن حسابها من معادلات التفاعل .

يلاحظ انه مطلوب ضعف الجير المطفئ لترسيب المغنسيوم مقارنة بالمطلوب لترتيب الكالسيوم . كذلك فإن الجير المطفئ يتفاعل أولا مع CO_2 المذاب في الماء ثم مع البيكربونات . وبالنسبة للبيكربونات فإنه يتفاعل أولا مع أيون الكالسيوم ثم مع أيون المغنسيوم . كما يلاحظ خفض في الأملاح الكلية المذابة

(2) الصودا اش :

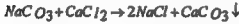
تتفاعل الصودا اش (كربونات الصوديوم) مع عسر الخير كربونات منتجة راسب غير مذاب .



يلزم مكافئ من الصودا أَس + مكافئ من الجير المطفئ للمكافئ من عسر الغير كربونات . يلاحظ انه في التفاعلات السابقة لا يحدث خفض في الأملاح المذابة نظرا الإنتاج صوديوم مذابة .

(3) كلوريد الكالسيوم :

أحيانا يكون هذا المركب مطلوباً لخفض القلوية لحد معين ، وذلك لان كلا من كربونات الماغنسيوم والصودا أَس ينويا في الماء وبالتالي لا يرسبا من الماء عند المعالجة بطريقة الجير - الصودا . فهما يتفاعلا مع كلوريد الكالسيوم كالآتي :



يلاحظ انه عند خفض قلوية كربونات الماغنسيوم لا يحدث اى انخفاض في العسر، حيث يلزم مكافئ اضافى من الجير - الصودا أَس .
(انظر التفاعلات السابقة) .

(4) - المروب :

عند ترسيب أملاح العسر فالها تكون في شكل جسيمات عالقة صغيرة لا ترسيب بالترسيب الحر ، لذلك يكون من الضروري استخدام جرعات صغيرة من المروبات للحصول على زغبيات ذات حجم وكثافة مناسبة للترسيب الحر في أحواض الترسيب. للجرعات الآتية من المروبات مناسبة

الشبه (كبريتات الالومنيوم) : 20 جزء في المليون

كبريتات الحديدوز : 10 جزء في المليون

كبريتات الحديدك : 10 جزء في المليون

ثانياً إزالة الحديد والمنجنيز

الحديد والمنجنيز في مصادر المياه :

1- المقدمة:

يوجد الحديد والمنجنيز في كثير من مصادر المياه الجوفية ، ويوجد المنجنيز عادة مع الحديد ولكن بسبب أقل . عند توفر ثاني أكسيد الكربون نتيجة التحلل اللاهوائي للمواد العضوية في التربة في عدم قلته وجود الأكسجين. عندئذ فإن أملاح الحديد الموجودة في التربة والغير مذابة تتحول إلى الأملاح المذابة نتيجة تفاعلاتها مع ثاني أكسيد الكربون مكونه بيكربونات وأيدروكسيدات الحديدوز والمنجنيز في شكل ثنائي التكافؤ كما يوجد الحديد والمنجنيز مرتبط بالمركبات العضوية للنتاج من تحلل الكائنات الحية النباتية والحيوانية والتي تسمى بالحمض الأصفر (yellow Acid) والذي متحد مع مركبات الحديدوز مكونا مركبات عضوية معقدة ملونة .

يوجد الحديد في المياه الجوفية بنسب حتى 25 جزء في المليون و قديزيد عن ذلك لو يقل ، كما ان المنجنيز يوجد عادة ينسب أقل من واحد جزء في المليون . الملاحظة العامة ان المياه ذات القلوية العالية بها نسب أقل من الحديد والمنجنيز عن المياه ذات القلوية المنخفضة ، كذلك فإن تركيز الحديد في المياه الجوفية حيث التربة الحاملة للغزان الجوفى تكون زلطيه يكون أقل منه في التربة الحاملة الصخرية . مركبات الحديد المتحددة مع مواد عضويه أو الغير مذابة تزال أثناء مرور المياه خلال مصفاة البئر وترشيحها وكذلك بفعل الترشيح للتربة الحاملة وذلك أثناء ضخ المياه من البئر الجوفى .

2- الحديد والمنجنيز في مصادر المياه السطحية :

يوجد الحديد في مصادر المياه السطحية المحتويه على الأكسجين المذاب في الماء في شكل الحديد الثلاثى التكافؤ (الحديديك - FerricIron) كما قد يوجد في مستحلب الطفلة وللطمي. الأجسام العالقة الصغيرة في شكل مركب عضوى معقد ملون أو في شكل أجسام محاطة مواد تغليف (Chelated) بما يمنع من ظهور اللون ، كما قد يوجد في شكل مواد ومركبات غير عضويه أو مركبات مع مواد عضويه عالقة .

في المياه المرشحة المحتوية على الأكسجين المذاب نادرا ما تزيد نسبة الحديد من واحد جزء في المليون . أما المنجنيز فإنه يوجد في المياه السطحية في شكل مركبات

عضويه عالقة محتوية على المنجنيز رباعى التكافؤ وكذلك فى شكل مركبات ثلاثية التكافؤ المعقدة القابلة للذوبان فى الماء تسببا وفى المركبات المعقدة والغير عضوية. وفى الحالة المذابة كأيون المنجنيز ثنائى التكافؤ نادرا ما تزيد نسبة المنجنيز فى المياه السطحية عن واحد جزء فى المليون وغالبا ما يوجد المنجنيز بنسبة 0.1 إلى 1 جزء فى المليون وتصل نسبة المنجنيز من ثلث إلى نصف نسبة الحديد .

3 - المشاكل التى يسببها وجود الحديد والمنجنيز فى الماء :

يحدث عند غسل الملابس أو الاوتى أو أى أجسام تلامسها المياه المحتوية على الحديد والمنجنيز وجود بقع ملاصقة غير مذابة ذات لون الصدا البنى والأصفر والرمادى والأصفر . للمنجنيز لاذع فى حالة زيادة نسبته فى مياه الشرب والحديد والمنجنيز يحول مشروب الشاي الى اللون الأسود ويغمق لون الخضروات المغلية كما أنه غير صالح لإعداد أطعمة بعض البقول من العدس ويعطى الحديد مذاق معننى ويمكن اكتشافه عند تركيز 1-2 ملجرام / لتر. يمثل الحديد والمنجنيز مشاكل فى العمليات الصناعية التى تستخدم فيها المياه .

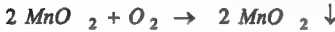
يساعد وجود الحديد والمنجنيز فى الماء على نمو وتكاثر البكتيريا والذي يسبب تراكبات تحدث انسداد فى المواسير بما يزيد من استهلاك الطاقة ، وكذلك تعمل البكتيريا المؤكسدة للحديد على ترسيب الحديد فى شبكة التوزيع بما يسبب اللون الأحمر للمياه وبما يزيد من تروكم الترسيبات . بالإضافة الى ذلك فإنه عند تحليل البكتيريا فإنها تسبب مذاق ورائحة غير مقبولة للمياه بما يجعله غير مناسب للشرب . عند تنقية المياه بطريقة للتبادل الأيونى أو باستخدام الأغشية فإنه يلزم التخلص من الحديد والمنجنيز لتجنب الترسيبات والانسداد مما يتطلب التنظيف بصفة مستمرة للمحافظة على كفاءة الأغشية .

وقد وجد من الخبرة أن الحديد غير مقبول بنسبة أكبر من 0.2 جزء فى المليون والمنجنيز بنسبة 0.1 جزء فى المليون. وللأغراض الصناعية فإن الحديد قد يصل الى 0.1 جزء فى المليون والمنجنيز 0.05 فى المليون وقد لجأت وزارة الصحة نسب الحديد حتى 0.5 جزء فى المليون والمنجنيز حتى 0.3 جزء فى المليون فى حالات استخدام المياه للشرب وللاستخدام المنزلى .

4 - إزالة الأشكال المختلفة للحديد والمنجنيز :

رغم أن الحديد والمنجنيز سواء المذاب أو الغير مذاب يوجد في أشكال متعددة في مصادر المياه السطحية المحتوية على الأكسجين المذاب فإن وجودهم في المياه محدود إلى درجة كبيرة وبما لا يزيد عن 1 جزء في المليون حيث يتم إزالتهم في عملية المعالجة التقليدية لمياه الشرب بالمرشحات . ولكن لا يعتمد على هذه الطريقة في إزالة المنجنيز المذاب .

المعالجة الأولية بولحد أو أكثر من العوامل المؤكسدة ، يؤكد المنجنيز المذاب إلى ثاني أكسيد المنجنيز الغير قابل للذوبان في الماء .



يوجد غطاء من ثاني أكسيد المنجنيز الغير مذاب على حبيبات رمل المرشح لا يساعد فقط في خفض المنجنيز إلى المستوى المطلوب (0.3 جزء في المليون) ولكن يساعد في الحصول على مياه مرشحة تحتوي على حوالي 0.01 جزء في المليون منجنيز وهي الحالة المثالية لنوعية المياه .

عند استخدام عملية الجير - الصودا لإزالة العسر فإنه يتم إزالة الحديد والمنجنيز المذاب والغير مذاب مع باقي املاح العسر وتعتبر هذه الطريقة مؤثرة في إزالة المنجنيز نظرا لارتفاع الرقم الهيدروجيني .

أشكال للحديد والمنجنيز في المياه الجوفية التي يلزم إزالتها وهي :

- أيونات الحديدوز عادة مع مركبات عضوية ملونة وكذلك المنجنيز ثنائي التكافؤ مع مركبات عضوية ملونة وكذلك اللون حيث جزء منه متحد مع الحديد وكذلك يحتمل مع المنجنيز .
- اللون العضوي في المياه الجوفية مرتبط عادة بالمياه العسر في الابار الضحلة .
- عندما تحتوي المياه الجوفية على 5-10 ملجرام / لتر من الحديد فإنه يوجد ثلاث أنواع من المعالجات يمكن عملها .
- 1. المعالجة الأولية بالتهوية ثم الترويب والترسيب والترشيح .
- 2. المعالجة الأولية بالتهوية ثم الأكسدة بالكلور أو ثاني أكسيد الكلور أو الأوزون .

3. الترويب والترعيب بالإضافة 1-3 ملجرام / لتر من كبريتات الحديد كعامل ترعيب في حالة تركيزات الحديد لقليلة

كما يمكن إزالة أيون الحديدوز والمنجنيز ثنائي التكافؤ سوياً مع باقي أيونات العسر من المياه الجوفية باستعمال لزيوليت الخاص بإزالة العسر ، وذلك مع الحذر من دخول الهواء إلى المبادل الأيوني حتى لا يرسب الحديد المؤكسد ويسبب الانسداد والتلف لطبقة التبادل الأيوني

وقد أصبح المألوف حالياً إزالة الحديد والمنجنيز بالتهوية مع استخدام مروب طبقة الحماية (Sludge Blanket) من أكاسيد الحديد والمنجنيز الرباعي للتكاثر ثم الترشيح وذلك قبل استخدام التبادل الأيوني لازالة الملوحة . تقل إذابة أيون الحديد والمنجنيز عند لكسدة الحديد إلى الثلاثي للتكاثر والمنجنيز إلى الرباعي للتكاثر حيث يحدث ترسيب واندماج بما يسهل عملية الترشيح .

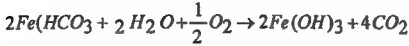
5 - التفاعل مع عوامل الأكسدة : (9/1) ، (9/2)

أ - استخدام الهواء الجوى :

التهوية تعتبر الخطوة الأولى الضرورية لإزالة الحديد والمنجنيز من المياه المعزولة عن الهواء كما في حالة المياه الجوفية . للتهوية تحقق السرعة في امتصاص أكسجين الهواء والتخلص من ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين . التخلص من CO_2 يعمل على رفع الرقم الهيدروجيني للمياه وهذا يساعد على التخلص من كبريتيد الهيدروجين ، للتهوية تعمل على لكسدة الحديدوز وترسيب إيدروكسيد حديدك وكربونات الحديدك . للتهوية في الأبراج المفتوحة لا تزال كل ثاني أكسيد الكربون كما أن إزالة ثاني أكسيد الكربون تقل كما زادت القلوية .

تهوية المياه المحتوية على الحديد والمنجنيز المذاب هي عملية عادية حيث بيكربونات الحديدوز المذابة في الماء ليس لها لون بينما إيدروكسيد الحديدك له لون بني وله درجة إذابة لكل من 0.1 جزء في المليون ويكون في شكل جسيمات عالقة ، عملية الأكسدة بالتهوية تكون سريعة عند رقم هيدروجيني 7 فأعلى وتقل عند انخفاض الرقم الهيدروجيني .

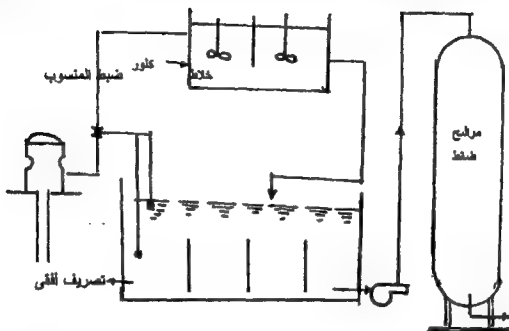
تفاعل الأكسدة لبيكربونات الحديدوز كالآتي :



أكسدة بيكربونات المنجنيز الذي نادرا ما يوجد في الماء تشبه لأكسدة بيكربونات الحديدوز إلا أن الرقم الهيدروجيني يجب أن يرتفع كما أن زمن التفاعل يكون أكبر .

لذلك فإنه عندما يكون كلا من الحديد والمنجنيز مذابا في الماء فإنه يكون من الضروري رفع الرقم الهيدروجيني إلى (10) حيث عند رقم هيدروجيني أقل فإن الحديد يرسب والمنجنيز يظل مذابا في الماء عند الأكسدة بالهواء الجوى. يرفع الرقم الهيدروجيني بإضافة لبن الجير أو للصودا الكاوية أو الصودا أسن . لازالة الحديد فقط فإنه ليس من الضروري إضافة قلوى لأن التهوية تزيد ثاني أكسيد الكربون حيث يرتفع تبعا لذلك الرقم الهيدروجيني ، رغم هذا فإن هذه الزيادة في الرقم الهيدروجيني قد لا تكون كافية عندئذ يلزم إضافة قلوى .

المستخدم عادة في تصميم معدات للتهوية هو جهاز التهوية الذي يعمل بضغط الهواء والالواح الخشبية أو برج التهوية للمملوء بمادة تحشبة (Packed Tower) شكل (9/1). إذا كان تركيز الحديد في المياه الجوفية من 5-10 ملجم / لتر فإن المعالجة بالتهوية يمكن أن يليها الترويب والترعيب ثم الترسيب والترشيح ، حيث بدون الترويب والترعيب فإن الحديد المؤكسد يمكن أن يتطلب من 12-24 ساعة أو أكثر ليرسب تماما بينما في حالة الترسيب بالمرويات فإنه يتطلب 2 ساعة. في حالة وجود المنجنيز التثاني للتكافؤ (المذاب في الماء) فإنه يلزم الأكسدة بولحد أو أكثر من المؤكسدات . بجانب إزالة المنجنيز وترسيبه بالأكسدة فإنه يزال كذلك بالانمصاص على سطح المرشح الرملي حيث تتكون طبقة من ثاني أكسيد المنجنيز على سطح المرشح الرملي .



شكل (2-9) الكلورة/ المكث/ الترشيح لإزالة الحديد والمنجنيز

الباب الثالث

الملوثات في المياه والمعالجات لتحسين
نوعية المياه الجوفية وإضافة موارد مائية جديدة

الفصل العاشر

إعذاب المياه المالحة

الفصل العاشر

أعذاب المياه المالحة

(Desalination of saline Water) إعذاب المياه المالحة

قبل تناول تكنولوجيايات اعذاب المياه فإنه يلزم التعرف على أنواع المياه طبقا لدرجة ملوحتها.

تركيز الاملاح المذابه ملجرام/ لتر	نوع المياه المالحة
أكثر من 40000	مياه مالحة عالية التركيز (Brine)
من 15000 حتى 40000	المياه المالحة (Sea Water)
من 1500 لى 15000	مياه خمضاء (Brakish water)
من 300 لى 1500	أقصى حدود لمياه للشرب
من 30 لى 300	مياه العمليات الصناعية
من 0.3 الى 3	المياه المقطرة لتغذية للغلايات عالية الضغط
من 0.03 الى 0.3	مياه عالية النقاء للصناعات الالكترونية

طرق اعذاب المياه :

الطرق الحرارية لاعذاب المياه المالحة (مياه البحر) .

الطريقة الكهربية لاعذاب المياه الخمضاء بأستخدام الغشاء .

طرق الغشاء لازالة للملوة المنخفضة ولأستخدمات خاصة .

1 - الطرق الحرارية لازالة الملوة من مياه البحر : شكل (10/1)

Thermal Desalination

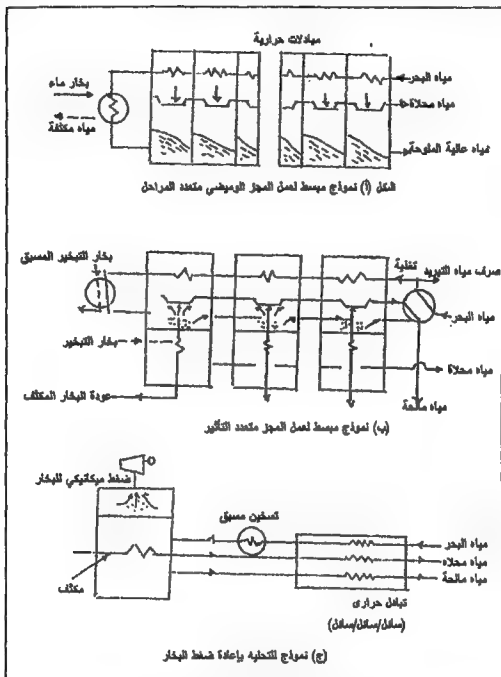
نظام الاعذاب المستخدم على نطاق واسع لتحويل المياه المالحة الى مياه صالحة للشرب والاستخدام المنزلى وبعض الاستخدامات الصناعية مثل الصناعات الغذائية وكذلك لرى الاراضى هو بالتقطير الحرارى فى هذه العملية يتم غلى الماء المالح لانتاج بخار الماء النقى ومائل متبقى به املاح مركزة يتم تكثيف بخار الماء

لإنتاج بخار الماء النقي ومائل متبقى به لملح مركزة يتم تكثيف بخار الماء واستخدامه. ولتحقيق الاقتصاد في الطاقة الحرارية يستخدم لذلك نظام التبخير متعدد التأثير (Multiple Effect Evaporator –MEE) حيث تدفع لبخرة المياه النقية المنتجة في المرحلة الأولى إلى المرحلة الثانية لغلي الماء للمالح بطريقة مناسبة . وفي هذه المرحلة الثانية عندما يتكثف البخار تطلق الطاقة الحرارية التي تكفي لتحويل المياه المالحة إلى بخار ماء وبأستخدام هذه الطريقة يمكن إنتاج رطل من المياه المحلاة بواسطة وحدة طاقة (IBTU/ Iib of water) .

عند استخدام هذا للنظام يجب أن يؤخذ في الاعتبار القواعد التصميمية التي تؤثر على الكفاءة ، ومنها عملية الانتقال الحرارى والتي تتوقف على مساحة الانتقال الحرارى ومعامل الانتقال الحرارى. معامل الانتقال الحرارى يتوقف على الفرق في درجات الحرارة بين السائل الباعث للحرارة والسائل الممتص للحرارة وللشكل الهندسى ومساحة ونوع مادة الانتقال الحرارى. لذلك فعند زيادة المساحة و / أو معامل الانتقال الحرارى. يزداد معدل الانتقال الحرارى. ونظرا لأن زيادة المساحة تعنى زيادة في حجم المعدات المستخدمة لذلك يكون الهدف هو زيادة معامل الانتقال الحرارى .

العامل الآخر هو التخلص من الملوثات في مياه البحر والتي تؤثر على معدل الانتقال الحرارى . فمياه البحر مخلوط معقد من المواد المذابة والغازات المذابة والكائنات البحرية ، المواد الصلبة للمذابة تشكل خطورة على عملية التبخير نظرا لأن بعضها يرسب على سطح التبادل الحرارى مكونا رواسب قشرية (Scales) تقلل من كفاءة الانتقال الحرارى حيث تكون ترسيبات عضوية (Fouling). لذلك فإنه يلزم المعالجة المسبقة لمياه البحر في حالة استخدامها لازالة وتحييد الاثر السلبي لهذه العوامل .

تستخدم التحلية (الاعذاب) الحرارية لتقطير المياه المالحة ذات الملوحة العالية ما بين 15000 الى 50000 جزء في المليون .



شكل (1-10) أنواع أجهزة لتطهير الحراريه

الانواع الرئيسيه الثلاث لتيخير المياه المالحة ذات الملوحة ما بين 15000 الى 50000 جزء فى المليون هي :

- المبخّر متعدد التأثير (Multiple Effect Evaporator)
- المبخّر الومبضى متعدد المراحل (Multi stage flash Evaporator)
- المبخّر بأعادة ضغط البخار (Vapour Recompression Evap)

أ - المبخّر متعدد التأثير :

طريقة العمل للمبخّر متعدد التأثير موضحة في الشكل (10/1 - ب) مياه البحر يتم تسخينها بالتدريج بطريقة المعادلات الحرارية بواسطة تكثيف البخار من عدد مساو من غرف التبخير . مياه البحر التي تم تسخينها تدخل غرف التبخير الأكثر سخونة عند درجة حرارة ما بين 60-100°م عادة ، ثم تبخر جزئياً بواسطة بخار من مصدر خارجي (عادة بخار الماء من محطة توليد الطاقة الكهربائية) . البخار الناتج يمر الى المؤثر الثاني، وتخفض درجة حرارته تحت تأثير مكثف التبريد بمياه البحر بعد المؤثر الاخير. يحدث تبخير اخر في المؤثر الثاني ما بين البخار الداخل والمياه المالحة المحررة من الضغط (Flashed Brine) ، ثم يكرر العمل في كل من المؤثرات التالية والتي يصل عددها الى 20 أو أقل من 10 ، وذلك قبل تكثيف بخار اخر مؤثر وسحب المياه المالحة للمركزة (Brine) .

طاقة الضخ اللازمة للمبخّر متعدد التأثير أصغر من تلك اللازمة للمبخّر الومبضى متعدد المراحل وهي عادة 2-3 كيلوات ساعة / المتر المكعب .

ب - المبخّر الومبضى متعدد المراحل ::

يوضح الشكل (10/1- أ) مبادئ عمل المبخّر الومبضى متعدد المراحل في إزالة الملوحة . يتم ضخ مياه البحر (للمعالجة) خلال عدد متتالي من للمبادلات الحرارية حيث تتدرج حرارتها في الارتفاع ، بتكثيف البخار الناتج في غرف التبخير الومبضى المقابلة (Flash Chambers) الى درجة حرارة 80-110°م .

وبعد التسخين التالي الى درجة حرارة 90-120°م بواسطة مصدر بخار خارجي (البخار من محطة توليد طاقة كهربائية بالطريقة الحرارية) فإن مياه البحر تتحرر من الضغط (Flashed) بالتتالي خلال عدد من المراحل حيث ينخفض ضغط البخار بالتدريج الى 10 كيلو بار يحدث غليان وتبخر جزئي في كل مرحلة. البخار الذي يتكثف على المبادل الحراري المقابل والذي يتجمع في قنوات كمياه مقطر ، وهذا البخار يتم لتناجه في كل مرحلة بالتوازي مع المياه المالحة عالية التركيز وذلك حتى

انتاج كلا من المياه المقطرة والمياه المالحة من آخر مرحلة عند درجة حرارة حوالي 40° م تجهز غرف للتبخير الوميضي لتخفيف الضغط (Vacuum) باستخدام باثقي البخار (Steam Ejectors) للمحافظة على استمرار الانخفاض المطلوب في الضغط خلال المبخر .

المبخر الوميضي متعدد المراحل يتطلب في تصميمه نسبة عالية من مياه البحر لكل وحدة من المياه المقطرة والتي قد تصل إلى 8 : 10. ولهذا السبب فإن طاقة الضخ المطلوب تكون كذلك عالية حيث تصل إلى 3-5 كيلوات ساعة / المتر المكعب من المياه المقطرة .

ج - مبخر إعادة ضغط البخار :

طريقة عمل مبخر إعادة ضغط البخار موضحة في الشكل (10/1 - ج) يتم تسخين مياه البحر بالتبادل الحراري مع المياه المقطرة والمياه المالحة المركزة للصرف وذلك في واحد أو أكثر من المعادلات الحرارية إلى درجة حرارة من 60-100° م .

ولغرض البدء في التشغيل والمحافظة على ظروف التشغيل العادية تجهز بعض المحطات بسخان لعمل التسخين المسبق للمياه وذلك للحصول على درجة الغليان المطلوبة في المبخر ، وفي أبسط صورته يكون هذا السخان ذو مرحلة التأثير الواحدة أو الأكثر من مرحلة (Single Effect or More). البخار الناتج من البخار يتم ضغطه إما ميكانيكياً أو بالضغط الحراري (Thermo Compression) وذلك قبل العودة إلى تكثيف البخار في المبادل الحراري . عملية الضغط تعمل على رفع ضغط التسبب لبخار الماء، وهذا يوجد فرق في الحرارة مستمر بين المياه المكثفة والمياه المالحة المركزة وهذا يعمل على استمرار عملية للتبخير. البخار للمكثف (المقطر) والمياه ذات الملوحة المركزة يتم صرفهم خلال مبادلات حرارية (سائل / سائل) ولا يوجد حاجة إلى مكثف منفصل .

د - المعالجة للمياه قبل وبعد التسخين :

(1) معالجة المياه المالحة قبل التبخير :

يلزم إزالة المواد الصلبة العالقة باستخدام المصافي ذات الفتحات المناسبة ويمكن الاستعاضة عن ذلك " بضخ " المياه المالحة من الخزان الجوفي المتاحم للشاطئ حيث

تكون المياه خالية من المواد العالقة . كذلك يلزم مقاومة الترسبات من أملاح العسر التي تعمل على خفض التبادل الحرارى وذلك بالمعالجة الكيماوية المناسبة للمياه فى المبخرات وكذلك إزالة الكربونات والحد من تركيزها فى المياه ذات الملوحة المركزة لتكون أقل من 6000 ملجرام / لتر .

(2) المعالجة النهائية للمياه المقطرة :

كل المياه المنتجة من عمليات التبخر تحتوى عادة على 10-50 ملجرام فى اللتر من الاملاح المذابة كما أنها منخفضة العسر ومنخفضة الرقم الهيدروجينى وهى ليست مقبولة للشرب ، وهى كذلك عدوانية على مواد الإنشاء وخاصة الخرسانة . لذلك فإنه يلزم رفع الرقم الهيدروجينى الى 7-8 ، عسر الكالسيوم الى 100 ملجرام / لتر ككربونات الكالسيوم وكذلك توفير التهوية الكافية والمواد المذابة من كلوريد الصوديوم وكذلك التخلص من المذاق الغير مستساغ المرتبط بالمواد المقطرة . بعد ضبط العسر والرقم الهيدروجينى تتم الكلورة . ولحيانا تضاف كمية قليلة من مياه البحر المكورة لزيادة تركيز كلوريد الصوديوم الى المستوى المفضل للاستهلاك .

2- إزالة الملوحة بتكنولوجيا الغشاء

أ- الفرز الكيمائى الكهربى لوالا ليكترو دىاليسيس (Electro dialysis- ED)

الفرز الكيمائى الكهربى أو الديليز الكهربيه (ED) هى عملية فصل كهرو كيميائيه، حيث تنتقل الايونات إلى أغشية ان ايونيه وأغشية كاتيونيه من محلول قل تركيزا وذلك بسبب تدفق تيار مستمر . فى عملية ED يتم تغير اتجاه حركة الايونات فى الاتجاه العكسى .

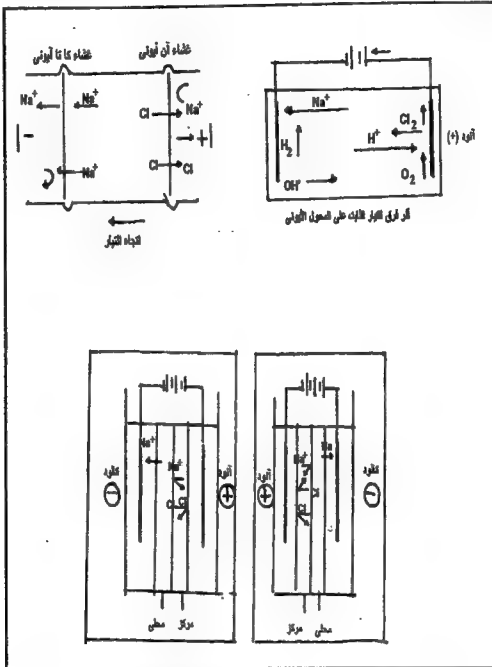
وتستخدم طرق ED ، EDR فى معالجه المياه الخمضاء (Brackish) ذات الملوحة ما بين 3000 الى 15000 جزء فى المليون . وهذه للنوعيه من المياه تكون عادة من المصادر الجوفية السطحية أو العميقة .

(1) . حركة الايونات :

تعتمد هذه الطريقة على معاملة معظم الأملاح الذائبة فى الماء بأنها فى شكل ايونى . تستخدم أغشية منفذه للكاتايونات (Cations) ولخري منفذه للأن ايونات (Anions) ومصدر للتيار الكهربى المستمر موصل بقطبين على جانبي الحاويه

المحتوية على مصفوفة الأغشية بالتبادل (كاتيونيه ثم ان ايونيه وهكذا) وعند سريان للتيار المستمر خلال المحلول (المياه للخمضاء) فان الايونات تنتجه نحو الأقطاب الحاملة للشحنة المضادة. فايونات الصوديوم موجب الشحنة تتحرك نحو القطب السالب، وايون الكلور (الان ايون) السالب الشحنة يتحرك نحو القطب الموجب .

يتطلب استخدام هذه الطريقة في إزالة الملوحه وضع الاغشية بالتبادل ، اى غشاء تمرير الكاتايونات (ايونات الصوديوم) ، يليه غشاء لتمرير الان ايونات (ايونات الكلور). عندئذ تتكون المحاليل من المياه المحتويه على تركيزات عاليه من الكاتايونات والان ايونات (اى محلول ملحي على التركيز Brine Water) في احد الفواصل بين الاغشية التبادليه او الخلايا . وفي الخليه المجاوره يتكون الماء المزال ملوحته (المياه المحلاه) وهكذا. المصفوفه او المجموعه للنموذجيه بها عدة مئات من ازواج الخلايا (خليه مالحة جدا وخليه محلاه) . عادة يتم تغيير شحنة الأقطاب طبقا لتوقيات وفواصل زمنيه معينه ، اى القطب السالب يصبح موجب والقطب الموجب يصبح سالب وهذا مايسمى بالفرز العكسي او الدياليزه الكهربيه العكسيه (Electrodialysis Rerersal) ويرمزله بالرمز (EDR) . وعند التشغيل تمر مياه للتغذيه للخمضاء في وقت واحد في مرات متوازيه عبر جميع الخلايا لتوفير تدفق مستمر من المياه المحلاه ومجرى المحلول الملحي المركز .



شكل (10-2) طريقة صال الديزلة الكهربائية والديزلة العكسية

إستهلاك الطاقة:

تمثل تكاليف الطاقة في عمليات للتخلية للمياه المالحة حوالي 40 - 60% من تكاليف التشغيل والصيانة .

ب - تكنولوجيا الغشاء بالضغط

(1) - أغشية التخلية بالتناضح العكسي (Reverse Osmosis)

حيث تستخدم أنواع من الأغشية التي تسمح بمرور جزيئات المياه وتحجز جزيئات الأملاح المذابة . يستخدم في هذه الحالة أغشية تتحمل الضغط ومنها أغشية البولي أميتيت وأغشية البولي أميد ، قد تستخدم هذه للتقنية لإعذاب المياه المالحة بطاقة محدودة ولكن استخدامها الرئيسي هو في إزالة الملوحة من مياه الصنبور لاستخدامات أخرى مثل المكواه التي تعمل ببخار الماء حيث لا ترسب الأملاح على الأقمشة عند استخدام المكواه . كذلك فإن استخدامها الرئيسي هو في معالجة مياه الصنبور للاستخدامات الدوائية حيث تزل الأملاح من الماء لولا يلي ذلك التقطير للمياه التي أزيلت ملوحتها بطريقة التناضح العكسي للقضاء على البيروجين (Pyrogen).

(2) - أغشية لترشيح الفائق : Ultra Filtration

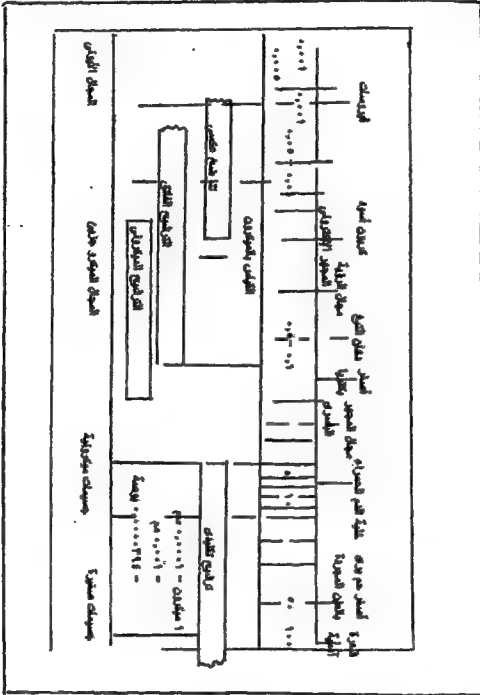
هذا النوع من الأغشية يستخدم لحجز المواد العالقة طبقا لمسامية الغشاء . وكذلك توجد أنواع من أغشية لترشيح الفائق التي تحجز المواد العالقة وكذلك المواد المذابة ثنائية التكافؤ مثل أملاح العسر من الكالسيوم والمغنسيوم والحديد والمنجنيز وأملاح المعادن الثقيلة المذابة وتزيل المواد الهلامية والغروية (Colloidal) .

(3) - النانوفلتر :

وهو غشاء يعمل بضغط منخفض ويستخدم أساسا لإزالة العسر ، وهو يشبه إلى حد ما غشاء للتناضح العكسي والترشيح الفائق .

(4) - الميكروفلتر :

يستخدم لحجز الاجسام العالقة وترويق المياه وكذلك حجز الكائنات الدقيقة على سطح الغشاء ويمرر المواد المذابة فقط والماء شكل (10/3) مخطط مقارنة الفصل للاجسام العالقة.



شکل (10-3) مخطط مقارنة القنن للأجسام العالقة طبقاً لحجمها

المراجع

المراجع

1. د. رشدى سعيد نهر النول نشأته واستخدام مياهه دفى الماضى والمستقبل - دار الهلال للقاهرة .
2. د. جمال حمدان - شخصه مصر - المجلد الثانى : عالم الكتب للقاهرة .
3. المنظمه العربيه للتنميه الزراعيه : استعمال المياه للاغراض الزراعيه ومؤشراتها المستقبليه - معهد الانماء العربى ببيروت.
4. د. عز الدين المخبرو : الاطماع الصهيونيه فى مياه الاردن والليباني : معهد البحوث والدراسات العربيه : الدراسات الخاصه - القاهرة 1977 .
5. د. كمال فريد سعد : دراسة تحليليه عن السياسات المانيه بالوطن العربى لأفاق عام 2000 - هيئة الطاقة للذرية - القاهرة 1992 .
6. د. فخر الدين دكروب : الاستغلال الامثل للموارد المانيه فى لبنان : جامعة العلوم التطبيقية عمان 1994.
7. د. محمد عيد الهادى راضى : المياه فى العالم العربى - نحن وعام 2025، الباحث العربى 1992 .
8. د. خير الدين حسيب (المشرف ورئيس الفريق للبحثى) مستقبل الامه العربيه - مركز دراسات الوحدة العربيه بيروت 1988 .
9. مركز الدراسات السياسيه والاستراتيجيه بالاهرام ، للتقرير الاستراتيجى العربى 1988 - مؤسسه الاهرام - القاهرة.
10. د. هيثم كيلانى : المياه العربيه والصراع الاقليمى - دراسة مستقبليه مركز الدراسات السياسيه والاستراتيجيه مؤسسه الاهرام عام 1993.
11. ابحاث معهد الدراسات الافريقيه جامعة القاهرة عن المياه فى الشرق الاوسط.
12. ابحاث اكاديميه ناصر العسكريه العليا عن حروب المياه المستقبليه - القاهرة.

13. مراجع للمؤلف :

- إعداد المياه للشرب والاستخدام المنزلى : المكتبة الاكاديمية القاهرة 2001
- الهندسة الصحية للقرى والنجوع : دار الكتب العلمية القاهرة 2004
- المراجع الأجنبية

14-Basic Environmental Technology : Jerry A Nathanson New – Jersey 2004

فهرس الأشكال

فهرس الأشكال

أشكال الفصل الأول

- 1-1 خريطة لحوض النيل.....18
 1-2 خريطة لمتوسط صافي الأيراد السنوى للنيل.....20
 1-3 خريطة نهر الأردن وروافده.....34
 1-4 أنهار لبنان.....37
 1-5 نهري دجلة والفرات46

أشكال الفصل الرابع

- 4-1 حالات وجود العيون.....79
 4-2 عين المنخفض بالجاذبية79
 4-3 عين التنفق العلوى بالجاذبية.....80
 4-4 عين الانخفاض الارتوازية.....80
 4-5 عين الشروخ الارتوازية.....81
 4-6 عين التنفق العلوى الارتوازية81
 4-7 حصد مياه عين الجاذبية83
 4-8 غرف تخزين مياه عين الارتوازية83
 4-9 نفق لحصد مياه التنفق العلوى.....84
 4-10 حصد مياه عين من تشققات خزان صخرى85

- 11-4 حصء مياه عيون الانخفاض الارتوازية 85
 12-4 حصء مياه عين للتشققات ذات طاقة صغيرة 86
 13-4 حصء مياه عين تشققات ذات طاقة كبيرة 86
 14-4 حصء مياه عين للتصاق ارتوازي ذات اتساع جانبي كبير 87

إشكال الفصل الخامس

- 1-5 الشحن الصناعي للخران الجوفى 91
 2-5 الشحن للصناعى مع تخزين المياه تحت سطح الارض 91
 3-5 التسرب والسحب من جانب المجرى المائى 92
 4-5 الشحن المخطط 92
 5-5 الشحن المخطط وسحب المياه من خزان جوفى صغير العرض 93
 6-5 خط حربة (مصفاة) للبئر فى قاع البئر 93
 7-5 ماسورى تجميع الفقى أسفل قاع نهر 94
 8-5 ضعف التسرب من قاع المجرى المائى الى الخزان الجوفى بسبب وجود ترسيبات وحدوث فقد فى الضغط 95
 9-5 احواض تغذية للخران الجوفى باستخدام مياه النهر 95
 10-5 مخطط للسحن الصناعى واستعادة المياه 96
 11-5 اعادة الشحن للخرانات الجوفية الضحلة باستخدام حفر تسرب ومواسير تجميع 97
 12-5 اعادة شحن خزان جوفى عميق باستخدام احواض تسرب وابار شحن 98

- 13-5 مخطط للشحن بطاقة صغيرة 99
- 14-5 الشحن للصناعى بأستخدام مياه الامطار 99
- 15-5 مخطط المد الرملى 100
- 16-5 مخطط استغلال الخزان الجوفى الساحلى لسحب المياه العذبه 101
- 17-5 التحلية للمياه المالحة بأستخدام الطاقة الشمسية 102

اشكالات الفصل السادس

- 1-6 مخطط للدورة الهيدرولوجية فى الطبيعة 109
- 2-6 الدورة الهيدروليكية فى المجتمع الحضرى 110
- 3-6 الحجم المطلوب لتغطية فدان من الارض بالماء 113
- 4-6 مثال لكثافة سقوط الامطار 113
- 5-6 نموذج لكثافة سقوط الامطار 117
- 6-6 توزيع لوغاريتمى لزم من عودة سقوط الامطار 120
- 7-6 منظر مبسط لحوض صرف او مستجمع مياه 124
- 8-6 منظر عام للتدفق 125
- 9-6 خط تقسيم الصرف 126
- 10-6 مستجمع المياه الضخم 127
- 11-6 مخطط هيدرولوجى لحوض صغير 128
- 12-6 مخطط العاصفة او الفيضان 129

- 13-6 مقطع لمحطة قياس المجرى.....130
- 14-6 منحنى مرحلة التصرف للمجرى.....131
- 15-6 إستخدام ورق لوغاريتمى لاحتمالات تقدير تنفق الجفاف فى نهر.....135
- 16-6 تجمع الهيدروجراف138
- 17-6 منحنى لسعة الخزان.....140
- 18-6 تخطيط للسد.....141
- 19-6 الترسيبات فى الخزان.....142
- 20-6 مقطع عرضى فى السد العالى.....143

اشكال الفصل الثامن

- 1-8 مخطط لمحطة معالجة وتنقية المياه العذبة.....154
- 2-8 مخطط للمعالجة لمياه الصرف الصحى بالحماة المنشطة154
- 3-8 حالات التلوث لمياه الابار ، مكونات البئر.....158-159

اشكال الفصل التاسع

- 1-9 التهوية / الترسيب / الترشيح لازالة الحديد والمنجنيز.....173
- 2-9 للكلورة / المكثف / الترشيح / لازالة الحديد والمنجنيز.....174

اشكال الفصل العاشر

- 1-10 انواع لجهازة لتطية لحرارية178
- 2-10 طرق عمل للديزلزة للكهربية والديزلزة للعكسية.....183
- 3-10 مخطط مقارنة الفصل للجسام العالقة185

القهرس

الفهرس

- 3.....المقدمة
9.....تقديم الكتاب ومحتواه

الباب الأول

الموارد المائية في الوطن العربي

- 17.....الفصل الأول: الأنهار في الوطن العربي
51.....الفصل الثاني: مياه الأمطار والسيول في الوطن العربي
57.....الفصل الثالث: الموارد المائية الحالية والمستقبلية لدول الوطن العربي
71.....ملحق الباب الأول: القانون الدولي ومياه الأنهار المشتركة

الباب الثاني

خفض الفقد من مياه العيون ومياه الأمطار والسيول باستخدام الشحن الجوفي

- 77.....الفصل الرابع: حصد مياه العيون
89.....الفصل الخامس : التغذية وإعادة شحن الخزان الجوفي
105.....الفصل السادس: حصد مياه الأمطار والسيول
145.....الفصل السابع: استمطار السحب (كمورد مائي مضاف)

الباب الثالث
الملوثات في الماء والمعالجات لتحسين نوعيتها
وإضافة موارد مائية جديدة

151.....	الفصل الثامن: الملوثات في المياه
163.....	الفصل التاسع: معالجات المياه الجوفية لتحسين نوعيتها
175.....	الفصل العاشر: أعذاب المياه المالحة (كمورد مائي مضاف)
187.....	المراجع
191.....	فهرس الأشكال



مهندس استشاري

محمد أحمد خليل

- عضو المجالس القومية المتخصصة
- عضو مجلس إدارة جمعية المهندسين الكيميائيين
- عضو الجمعية المصرية لتآكل الفلزات وحمايتها

إذا كانت المنطقة العربية قد استطاعت أن تتفاعل مع التحديات الداخلية والخارجية لما تتمتع به المياه بمكانة مترسخة في أعماق التاريخ والحضارات والأديان وعبر آلاف السنين فقد استطاعت المنطقة العربية أن تتكيف مع الأحوال المتقلبة للفيضانات والجفاف وما يتبعها من زيادة أو نقصان في كمية الموارد المائية المتاحة.

إلا أنه مع نهايات القرن العشرين وبدايات القرن الحادي والعشرين بدأت تظهر مشاكل نقص وندرة المياه بطريقة واضحة فقد زاد التعداد السكاني بشكل كبير حيث زاد الاستخدام الجائر للموارد المحدودة ومع زيادة الأنشطة التكنولوجية والصناعية

زاد التلوث للمياه السطحية والجوفية بدرجة تنذر بالخطر مما دفعنا لتناول هذا الموضوع

والله من وراء القصد

الناشر

Bibliotheca Alexandrina

0498839



ISBN 977-287-561-6



9 789772 875610

دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع

٥٠ شارع الشيخ ربحان - عابدين - القاهرة

٧٩٥٤٢٢٩ ☎

www.sbhg.com

e-mail: sbh@link.net